nature
الطبعة العربية
الدوريـــة الشهـــريـة العـالـميــة للعـــلــوم

أعمال الاحتكاك السكوني

العلاقة بين الاحتكاك والالتصاق ممثَّلة في نقطة سائل صفحة 56

كيمياء

رسام الخرائط الكيميائية

استخدام «مطياف الكتلة»؛ لرسم خريطة لعالم الميكروبات

صفحة 31

علم وفن

ما وراء «نيمو»، و«دُورِي»

«رجل السَّمَك الرائع»، مستشار أفلام «بيكسار» في عالم البحار

صفحة 39

علم الوراثة

المرحلة الانتقالية للتنظيم الجيني

أدلة على تغيُّر تنظيم الجينات أثناء مرحلة الانتقال إلى تعدد الخلايا

صفحة 44

ARABICEDITION.NATURE.COM
أغسطس 2016 / السنة الرابعة / العدد 47
ISSN 977-2314-55003

nature

أغسطس 2016 / السنــة الرابعة / العـدد 47

فريق التحرير

رئيـس التحـرير: فيليب كامبل
المحرر التنفيذي: محمد يحيى
مدير التحرير والتدقيق اللغوي: محسـن بيـومي
محـرر أول: علياء حامد
محـرر علمي: سُفانة الباهي، لبنى نور
مدير الشؤون الإدارية والمشروعات: ياسمين أمين
مساعد التحرير: رغدة سعد
مصمم جرافيك: عمرو رحمة
مستشار التحريـر: أ.د. عبد العزيز بن محمد السويلم
مستشار الترجمة: أ.د. سلطان بن عبد العزيز المبارك
اشترك في هذا العدد: أبو الحجاج محمد بشير، أبو بكر خالد سعد الله، أحمد بركات، حسن حلمي، رضوان عبد العال، سعيد يس، صديق عمر، طارق راشد، عائشة هيب، فكرات محمود، لينا الشهابي، محمد السيد يحيى، محمد الوكيل، مدحت مريد صادق، نسيبة داوود، نهال وفيق، هبة آدم، هويدا عماد، وسيم عبد الحليم، وليد خطاب.

مسؤولو النشر

المدير العام: ستيفن إينشكوم
المدير العام الإقليمي: ديفيد سوينبانكس
المدير المساعد لـ MSC: نِك كامبيل
مدير النشر: أماني شوقي

عرض الإعلانات، والرعاة الرسميون

مدير تطوير الأعمال: جون جيولياني
(J.Giuliani@nature.com)
الرعاة الرسميون: مدينة الملك عبد العزيز
للعلوم والتقنية KACST
http://www.kacst.edu.sa
العنوان البريدي:
مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية
ص. ب: 6086 - الرياض 11442
المملكة العربية السعودية

مدينة الملك عبدالعزيز
للعلوم والتقنية KACST

التسويق والاشتراكات

التسويق: عادل جهادي (a.jouhadi@nature.com)
Tel: +44207 418 5626
تمت الطباعة لدى باكستون برس المحدودة، ديربيشاير، المملكة المتحدة.

NATURE ARABIC EDITION [ONLINE]

http://arabicedition.nature.com

للاتصال بنا:

للتواصل مع المحررين: naturearabic@nature.com

Macmillan Egypt Ltd.
3 Mohamed Tawfik Diab St.,
Nasr City, 11371
Cairo, Egypt.
Email: cairo@nature.com
Tel: +20 2 2671 5398
Fax: +20 2 2271 6207

Macmillan Dubai Office
Dubai Media City
Building 8, Office 116,
P.O.Box: 502510
Dubai, UAE.
Email: dubai@nature.com
Tel: +97144332030

رسالة رئيس التحرير

إطلالة على آفاق العلوم في شهر

في هذا العدد من دورية "*Nature* الطبعة العربية" تجدون مختارات من منشورات دورية *Nature* الدولية في خمسة أعداد أسبوعية، من الخميس الموافق 9 يونيو إلى الخميس الموافق 7 يوليو 2016. ويضم العدد بين جنباته إضاءات على آفاق تَقَدُّم العلوم، نعرض منها ما يلي:

في قسم "أخبار في دائرة الضوء"، وتحت عنوان " المصير المجهول لعلماء بريطانيا بعد صدمة "الخروج"، نجد أنه بعد تصويت 52% من البريطانيين على الخروج من الاتحاد الأوروبي، بدأ الباحثون في المملكة المتحدة في تشكيل جماعات ضغط؛ للحفاظ على المزايا التي يتمتعون بها من تمويل، وحركة تنقُّل العلماء بين الدول الأوروبية، بفضل عضوية الاتحاد. وفي القسم نفسه أيضًا هناك موضوع بعنوان "لجنة خبراء تبحث 'الاستخدام الرحيم للأدوية غير المعتمَدة'"، يتناول إمكانية قيام شركات الأدوية بإتاحة العقاقير غير المصرَّح بها للمرضى الذين يكونون في حاجة ماسّة إليها، وتوفير إطار قانوني لتوزيع هذه العلاجات، التي تمثل الأمل الأخير للمرضى، بدلًا من أن تظل الضغوط التي تمارسها مواقع التواصل الاجتماعي وإطلاق نداءات عامة هي الخيار الوحيد أمام هؤلاء المرضى.

وفي قسم "التحقيقات"، وتحت عنوان "رسّام الخرائط الكيميائية"، نتناول التقدم الذي أحرزه عالِم الكيمياء الحيوية، بيتر دورستين، من تقدُّم في رسم خريطة لعالَم الميكروبات باستخدام مطياف الكتلة، وذلك بالتعاون مع العديد من الباحثين الآخرين في مجالات مختلفة، وهو ما نتج عنه أملٌ في الوصول إلى طريقة لتحسين صحة البشر، وقدراتهم الجسمانية.

وفي قسم "التحقيقات" أيضًا، نجد تحقيقًا بعنوان "القوة العظمى الكامنة في عمليات وضع التسلسل الجينومي"، الذي يلقي الضوء على السباق الصيني للاستحواذ على عمليات تَسَلْسُل الحمض النووي، الذي بدأته شركة BGI في مدينة شنزن قبل ست سنوات، لتظهر بعد ذلك شركات أخرى منافِسة؛ ما مِن شأنه أن يغذي "مبادرة الطب الدقيق"، التي أعلنت عنها الصين في مارس الماضي، وبلغت ميزانيتها مليارات الدولارات، وسوف تستمر لمدة 15 سنة؛ لتنافس مبادرة أخرى مماثلة في الولايات المتحدة. ويتوقع أطباء ـ في حال نجاحها ـ أن يتمكنوا حينها من استخدام جينوم كل شخص، وفسيولوجيا جسمه؛ لاختيار العلاج الأفضل لمرضه.

وفي قسم "أنباء وآراء"، وتحت عنوان " لغة الزهور"، يناقش كل من ساندرا ناب، وداني زامير ما تقدِّمه تسلسلات الحمض النووي الكامل الخاص بالأبوين البَرِّيين لزهرة البتونيا من نظرة جينية ثاقبة وقيِّمة فيما يخص هذا النبات النموذج، فضلًا عن إمكانية أن تسهم في تحسين الوصول إلى المستوى الأمثل في المحاصيل الأخرى. وفي القسم ذاته، وتحت عنوان "الجانب المظلم للمضادات الحيوية"، يتناول ثيبولت جي. سانا، ودينيز إم. موناك ما قامت به دراسة حديثة من استكشاف تأثير العلاج بالمضادات الحيوية على خلايا المضيف، ما يؤدي إلى نمو البكتيريا المسبِّبة للأمراض. ورغم فوائد المضادات الحيوية في علاج حالات العدوى البكتيرية الحساسة لها، لكنْ مع ظهور مسبِّبات أمراض مقاوِمة لعقاقير متعددة في آن واحد، يُتوقَّع لها بحلول عام 2050 أن تقضي على حياة 10 ملايين شخص في السنة الواحدة، ثمة جانب سيئ للمضادات الحيوية.

ويستعرض هانز كليفرز في قسم "كتب وفنون" كتاب لوسي لابلان، المتخصصة في فلسفة العلم، الذي يحمل عنوان "الخلايا الجذعية للسرطان"، والذي يرى أنه يقدم إطارًا عامًّا لفَهْم بيولوجيا جميع أنواع الخلايا الجذعية وليس فقط تلك المتعلقة بخلايا السرطان.

أما "صندوق الأدوات" في هذا العدد، فيتناول كيف يمكن لنماذج مبتكرة من رسوم الجرافيك والنماذج المجرَّدة أن تساعد الباحثين على استيعاب كَمّ هائل من البيانات التي يمكن أن تُحْدِث تحولًا في علم الأحياء.

وفي قسم "مهن علمية"، وتحت عنوان " الصورة المثالية"، تتناول جيوتي مادوسودانان كيف يمكن للباحثين مَنْح أوراقهم البحثية، ومشروعات الوصول إلى الجماهير ـ الخاصة بهم ـ قدرة على التأثير من خلال الاستعانة برسام، موضحة كيف تشهد عملية استخدام الصور المبهرة لمرافقة المخطوطات وجهود التوعية نموًّا في الوقت الراهن، حيث بدأ عدد أكبر من ناشري الدوريات يطلبون أن تُرْفَق بالأبحاث ملخصات مصوَّرة، أي رسوم توضح هدف البحث، أو فكرته الرئيسة.

محــرر أول
القائم بأعمال نائب رئيس التحرير
علياء حامد

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

المحتويات

أغسطس 2016 / السنة الرابعة / العدد 47

هــذا الشـهــر

افتتاحيات

رؤية كونية



أضواء على البحوث

ثلاثون يومًا

مهن علمية

لأحدث قوائم الوظائف والنصائح المهنية، تابع: arabicedition.nature.com/jobs

أخبــار فى دائرة الضـوء

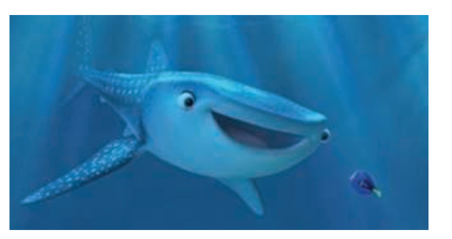
تحقيقات



تعليقات



كتب وفنون





مستقبليات

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

المحتويات

أغسطس 2016 / السنة الرابعة / العدد 47

أبحـــاث

أنباء وآراء





على الغلاف

أعمال الاحتكاك السكوني

الاحتكاك السكوني هو القوة اللازمة لجعل جسمٍ ما ينزلق عبر سطح ما. ويربط ستيجن ميرتينز وزملاؤه تحوُّل الاحتكاك السكوني، والْتِصَاق قطرة سائل على سطح نيتريد البورون الصلب المموَّج بإقحام الهيدروجين، الذي يغيِّر الحقل الكهربائي لحلقات ثنائية القطب على سطح مستوٍ؛ وبالتالي يقلل من طاقة الامتزاز.
صفحة 56

ملخصات الأبحاث

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

هـــذا الشهــــر

افتتاحيات



طريـق التنيـن الصينـي

لتعزيز جودة الأبحاث والإبداع، يتعين على الصين أن تقوّي أساساتها العلمية، وأن تسمح للباحثين - لا واضعي السياسات - بوضع أجندة الابتكار والاكتشاف.

تسود حالة من الإثارة المتزايدة فيما يخص الصعود العلمي للصين؛ فلديها من الباحثين أكثر مما تملكه أي دولة أخرى، كما أن خطواتها متسارعة في اللحاق بالولايات المتحدة فيما يخص عدد الأوراق البحثية المنشورة، ولكن ثمة تساؤلات ـ داخل الصين وخارجها ـ حول جودة العلوم الآتية منها، والابتكار الحادث فيها.

وتساور المخاوف بشأن العلوم الجميع في الصين، وصولًا إلى رأس الهرم، إذ قدَّم الزعيم الصيني، شي جين بينج، تقييمًا بالغ الحدة أمام اجتماع المؤسسات الأكاديمية الصينية الرائدة في شهر مايو الماضي، حتى بلغ به الأمر أنْ قال فيه: إن "البنية التحتية العلمية والتقنية للبلاد لا تزال ضعيفة".

ونلحظ في كلام شي وجاهة؛ فهناك اختراعات عديدة قادت إلى بعض الأعمال العلمية الأكثر أهمية في الصين، ومن بينها أدوات التحرير الجيني "كريسبر-كاس9" CRISPR-Cas9، بُنِيَت على منجزات لعلماء في الخارج. وقد عبَّر الرئيس عن ذلك بقوله: "إن الوضع الذي تقع بلادنا فيه تحت سيطرة الآخرين ـ فيما يخص التقنيات الجوهرية في المجالات الأساسية ـ لم يشهد تغيرًا جذريًّا".

ومن تلك الزاوية، لا تزال الصين تبدو كما لو كانت أمة كبيرة من البشر المنفِّذين لابتكارات الآخرين. اطرح أيّ فكرة، خصوصًا تلك الأفكار التي تستدعي إنتاجًا كثيفًا واسع النطاق؛ وستجد أن الصين ستتلقفها على الفور. وليس ذلك سيئًا في حد ذاته، فنحن نرى في شركة "بي جي آي" ـ عملاقة تسلسل الجينوم ـ والشركات المنافِسة لها من الجيل الجديد مثالًا واضحًا لما يعنيه الإنتاج الكثيف، ولكنْ يظل ذلك مجرد تطبيق لنماذج قائمة، ولا يسهم في القفزات التقنية التي يسعى إليها رئيس البلاد.

ولهذا السبب.. فإن جائزة "نوبل" في العلوم، الأولى للصين، التي مُنحت في أكتوبر الماضي للعالِمة تو يويو؛ لدورها في تطوير مادة الأرتيميسينين المضادة للملاريا، كانت مثار فخر كبير، لكنها قادت إلى مراجعة الذات أيضًا. فقد كان هذا الإنجاز بمثابة اكتشاف من عصر فائت، ولم يكن نتاج بنية بحثية قائمة، في وقت يتساءل كثيرون فيه عمّا إذا كان النظام الحالي مستعدًّا لإنتاج أي اكتشافات كبيرة، أم لا.

"إنّ العلوم الرائدة حقـًّا تحتاج إلى أن تُغرَس، لا أنْ تُفرَض".

ونطالع في عدد خاص من دورية *Nature* الإمكانات المتاحة للصين، والمعوقات التي تواجهها (انظر: www.nature.com/chinafocus). وقد صرَّح شي في الاجتماع بأنه "يجب السماح للباحثين باستكشاف واختبار الفرضيات التي يطرحونها بِحُرِّيَّة، ومشجعًا على "تطوير نظام يسمح بصنع السياسات العلمية بواسطة العلماء، بدلاً من أن يتم ذلك على هوى المسؤولين"، وموعزًا إلى الخبراء بأنّ "ليس عليهم أن يتقيدوا بأوامر رؤسائهم بعد الآن".

ولو كان بوسع أي شخص أن يكسر هيمنة البيروقراطيين على صناعة السياسات العلمية، لكان ذلك الشخص هو شي، الذي بزغ نجمه، باعتباره أقوى قائد للصين منذ عقود. وقد جابَه خصومًا سياسيين كثيرين؛ وتغلَّب عليهم. ومع ذلك.. ومع تنفيذ الصين لخطتها الخمسية الأخيرة، وتجديدها لآليات التمويل الكبرى، ثمة ما يدفع إلى التساؤل عن المدى الذي يمكن أن يبلغه التغيير المنتظر.

ويقدِّم شي الكثير من الدعم للعلوم، باعتبارها سعيًا لتحقيق نتائج قابلة للترجمة في صورة منتجات. ويقول إنه ينبغي على العلماء حل المشكلات الاقتصادية والصناعية العاجلة، ومن ثم فهو يعطي الدعم المقدَّم إلى شركات التقنية أولوية كبيرة. وتُعَدّ تلك الأهداف أهدافًا جيدة، ولكنها تشير إلى الاستمرار في صناعة السياسات من أعلى إلى أسفل، بينما من المهم الموازنة بين تشجيع البحث في العلوم الأساسية، وتشجيع البحث الرامي إلى مخرجات تقنية مُلِحَّة، وإلا سيتم الدفع بالعلماء إلى القيام بالأبحاث القابلة للترجمة فقط، وستقوِّض الصين بذلك حرية التطلعات العلمية، التي يؤيدها شي.

وعلى الرغم من أن شي يفهم ـ على ما يبدو ـ التوق العلمي للاستقلال والحرية، إلا أن السؤال المُلِحّ الذي يراوده هو: هل ستوفر الصين ذلك؟ مع ما يشتمل عليه ذلك من حرية استخدام أدوات معينة، مثل محرك البحث الأكاديمي "جوجل سكولار" Google Scholar.

لقد واجه شي بعضًا من أعظم معارك الصين في الماضي القريب؛ حيث عززت الاشتباكات العسكرية في بحر الصين الجنوبي من المخاطر السياسية في الخارج. ويتحدث الاقتصاديون عن تباطؤ اقتصادي خطير، إلى جانب أن المشكلات البيئية تثير الإحباط في نفوس المواطنين في الداخل، وتهدد مكانة الصين على المستوى العالمي. ويتعهد شي برفع الإنفاق على العلوم، ولكن من الخطأ الاعتقاد بأن زيادة الإنفاق على الأبحاث والتطوير ستحلّ جميع المشكلات الداخلية، وتؤمِّن الغذاء والدواء، وتعالج مشكلة شيخوخة السكان، وتقلل الفجوة بين الحضر والريف في الصين.

ويُذكر أنّ الرئيس شي قال في الاجتماع: "في الوقت الحالي، تحتاج الدولة إلى الدعم الاستراتيجي للعلوم والتقنية بصورة ملحة أكثر من أي وقت مضى"، بيد أن العلوم الرائدة حقًّا تحتاج إلى أن تُغرَس، لا أنْ تُفرَض. إنّ مدى النجاح في الحفاظ على هذا سيحدِّد كثيرًا مما ينتظر الصين في الغد. ■

التصـويب نحـو الطـاقة

يُعَدّ قرار ألمانيا بإبطاء وتيرة التوسع في إنتاج الطاقة الخضراء قرارًا صائبًا.

في يوم مشمس وعاصف من شهر مايو الماضي، ولمدة بضع ساعات قرب منتصف النهار، قامت ألمانيا بدفع الأموال للمواطنين، مقابل استخدامهم للكهرباء. إن استثمار البلاد في الطاقة المتجددة قد أثمر عن الكثير، لدرجة أن مصادر الطاقة الخضراء اقتربت من إنتاج ما يكفي من الكهرباء لتلبية الطلب المحلي. ولأن بقية البِنْيَة التحتية للطاقة ـ كالمحطات النووية، ومحطات الفحم والغاز كانت قد أُقيمت بالفعل؛ فقد أسفر الفائض المؤقت عن انخفاض الأسعار في السوق الآنية في ألمانيا إلى قِيَم سلبية، وذلك في الثامن من مايو الماضي. ولفترة وجيزة، كان العملاء التجاريون كلما استخدموا كهرباء أكثر؛ كسبوا أموالًا أكثر.

ومثلما أثار قرارُ اعتماد أسعار الفائدة السلبية ـ وهو ما تفرضه البنوك من رسوم على العملاء لإيداع المال ـ تساؤلات كثيرة حول حالة الاقتصاد العالمي، استُخدمت كذلك أحداث الثامن من مايو لانتقاد التحول في سياسة الطاقة في ألمانيا، أو ما يطلق عليه بالألمانية *Energiewende*.

يُلْقِي منتقدو هذا التحول باللوم على الدعم السخي لمصادر الطاقة المتجددة، بما في ذلك ضمان الشراء من المنتجين بسعر أعلى من سعر السوق، وإعطاء أولوية الشبكة لطاقة الرياح، والطاقة الشمسية؛ إذ أدَّى ذلك إلى اختلال السوق الغريبة تلك، وكذلك فواتير الكهرباء المنزلية المرتفعة نسبيًّا في ألمانيا. وفي الواقع، يدفع المستهلكون من القطاع الخاص في البلاد أكثر من 20 مليار يورو (ما يعادل 23 مليار دولار أمريكي) كرسوم إضافية سنوية للتعريفات التفضيلية الثابتة التي تذهب إلى المنتجين الفرديين. وفي استجابة

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

منها للانتقادات، وافقت الحكومة الألمانية في آخِر شهر مايو الماضي على الحدّ من نطاق التوسع في الطاقة المتجددة، وإبطاء وتيرته خلال العقد القادم.

لقد زاد إنتاج الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة ـ بما في ذلك الطاقة الكهرومائية ـ بمعدل ثلاثة أضعاف في ألمانيا على مدى العقد الماضي. وتوفِّر ألمانيا الآن ـ في معظم أيام الأسبوع ـ ما يقرب من ثلث إنتاج الكهرباء المحلي. ويُعَدّ النمو الذي بلغ 19% في توليد الطاقة المتجددة العام الماضي هو النمو الأكبر على مدار 10 سنوات على الأقل. أما من ناحية قدرة إنتاج الطاقة المتجددة، فتحتل ألمانيا المركز الثالث على العالم، بعد الصين والولايات المتحدة، لكن نصيب الفرد الواحد ـ البالغ 1.1 كيلو وات ـ يجعل الـ92 جيجا وات التي أنتجتها البلاد في عام 2015 تمثل أكثر من ضعف نصيب الفرد من الطاقة المتجددة في أي اقتصاد كبير آخر.

ومِن المقرَّر أن يضع التعديل المزمع لقانون الطاقة المتجددة في ألمانيا ـ الذي اتُّفِق عليه من حيث المبدأ في آخر شهر مايو الماضي ـ سقفًا لكمية الكهرباء المتجددة المنتَجة بحلول عام 2025، بحيث لا تتجاوز 45%. وحسبما تطالب بروكسل، سيتم ربط الترويج المستقبلي لطاقة الرياح والطاقة الشمسية بمناقصات، من شأنها تفضيل المنتجين الذين يولِّدون طاقة متجددة بأدنى سعر عن غيرهم. ومما لا يثير الدهشة أن الخطة أزعجت عدة أطراف في قطاع الطاقة المتجددة، خاصة الشركات الصغيرة، والملايين من أصحاب المنازل الذين استثمروا في الألواح الشمسية المربحة التي تُوضع على الأسطح؛ إذ تخشى تلك الأطراف فقدان الإيرادات، والفرص المتاحة لها في السوق. أما المُدَافِعون عن الطاقة الخضراء، فيقولون إن الإصلاحات تمثل امتيازًا لقطاع الوقود الأحفوري، وقد ترسل إشارة خاطئة إلى الدول التي تنظر إلى ألمانيا باعتبارها نموذجًا يُحتذى به. وفي العموم، ربما يبدو أن التحول في سياسة الطاقة ـ والاستثمار في الطاقة المتجددة بالتبعية في أماكن أخرى ـ قد فشل، أو أنه يفقد شعبيته السياسية الآن في هذه الأوقات العصيبة، لكن ذلك غير صحيح.. فقد تختلف الآراء بشأن أيّ التدابير المالية والسياسية أنسب لتعزيز مصادر الطاقة المتجددة، لكن لن تعرقل خلافات الاقتصاد الخاص مشروعَ الحدّ من انبعاثات الكربون الأكبر قيد التنفيذ حاليًّا.

"ما تُظْهِره حالة ألمانيا هو أن مثل هذا التحوُّل يجب أن يكون مدعومًا بخطط شاملة".

إنّ ما تُظْهِره حالة ألمانيا هو أن مثل هذا التحول يجب أن يكون مدعومًا بخطط شاملة للطاقة.. فدَمْج توليد الطاقة بشكل غير مركزي وسريع مع شبكات الكهرباء سيتطلب تحسين هذه الشبكات، وتوافر أدوات موثوقة للتنبؤ بالعرض والطلب، والتخزين الفعال، ومحطات تقليدية أكثر مرونة لتوليد الكهرباء، بيد أن العلم قد يساعد في ذلك.. ففي شهر إبريل الماضي، اعتمدت الحكومة الفيدرالية الألمانية برنامجًا، مدته 10 سنوات، بقيمة 400 مليون يورو لأبحاث التقنيات ـ كتقنيات الشبكة الذكية، وتخزين الطاقة، على سبيل المثال ـ التي ستكون مطلوبة من أجل إنشاء نظام جديد للطاقة، والدفع بمصادر الطاقة المتجددة؛ لتهيمن على السوق. فعلى الممولين أن يكفلوا أن تتناول المشروعاتُ المشكلات التي يواجهها المورِّدون ومستخدمو الكهرباء في ظل ظروف السوق الواقعية. وبرغم أن المشككين قد يحتفون بالمشكلات التي تظهر، بينما تشق مصادر الطاقة المتجددة طريقها إلى سوق الطاقة، إلا أن العبرة هنا بالدفع طويل الأجل للتوجه العام للدولة.

وبطبيعة الحال، ستستمر ألمانيا وغيرها من البلدان في الاعتماد على الفحم والغاز؛ لتلبية احتياجات الكهرباء لعدة عقود قادمة، على الأقل، لكن الإعانات الضخمة المقدَّمة (500 مليار دولار على مستوى العالم في عام 2014، مقابل 135 مليار دولار لمصادر الطاقة المتجددة) تعني أن طاقة الوقود الأحفوري ستتوافر بسعر منخفض للغاية. إن إنشاء نظام طاقة واقعي وملائم للمناخ من أجل المستقبل يتطلب إصلاحًا أكبر لأسواق النفط والفحم، بدلًا من إحداث تغييرات في قطاع الطاقة المتجددة فحسب. ■

الحيـــاة فـي أعمـــاق البحـــار

تقتضي المحافظة على الحياة في المحيطات تعريف الناس بعجائب الأعماق.

احتفل العالَم في الثامن من يونيو الماضي باليوم العالمي للمحيطات، وهو الحدث السنوي الذي يعيد تذكيرنا بمدى فقر الدراسات التي تتناول ثلثي مساحة سطح كوكبنا. ورغم ذلك.. يجب أن يذكِّرنا موضوع هذا العام "محيطات صحية.. كوكب صحي" بأننا نعرف بالفعل بعض الحقائق عن البحار، وأبرزها اعتماد الناس عليها بقدر كبير.

يعتمد ملايين الناس بصورة مباشرة على الطعام الذي يحصلون عليه من المحيطات، كما يعتمد ملايين آخرون على الأموال التي يدرّها عليهم الصيد، والسياحة المائية، وغيرها من الأنشطة البحرية، إلا أن حجم هذه الأنشطة يشهد ـ في الغالب ـ تراجعًا حادًّا في جميع أنحاء العالم.

وتعكس الشعاب المرجانية حاليًّا ـ أكثر من غيرها ـ هذه الحقيقة؛ حيث تتعرض الشعاب التي تسكن المياه الدافئة في جميع أنحاء العالم للتبييض؛ نتيجة للأمراض التي تصيب الكائنات المرجانية التي تعيش عليها، وتحوُّل لونها إلى اللون الأبيض؛ مما سيؤدي حتمًا إلى موت أعداد كبيرة من هذه الشعاب، إضافة إلى الحيوانات التي تعيش فيها.

ورغم النظرة السوداوية التي تغلِّف مستقبَل هذه الشعاب، إلا أن الأمل لا يزال قائمًا، حيث نشرت دورية *Nature* مقالًا تناول إحدى الوسائل التي يمكن من خلالها التعرف على طرق لإنقاذ هذه الشعاب (J. E. Cinner *et al*. *Nature* http://dx.doi.org/10.1038/nature18607;2016). ففي دراسة ضخمة، تم فيها تحليل دقيق لبيانات السَّمَك الموجود في أكثر من 2,500 منطقة من مناطق الشعاب المرجانية، تم تحديد 15 "نقطة مضيئة"، وهي الشعاب التي تتمتع بحالة أفضل مما تشير إليه النماذج، ثم مضت الدراسة في بحث العوامل المسؤولة عن ذلك. وتتضمن النقاط المضيئة المناطق غير المأهولة بالسكان، والمناطق التي لا يُمارَس فيها الصيد، مثل جُزُر تشاجوز، فضلًا عن المناطق القريبة من المدن التي يُمارَس فيها الصيد، مثل كيريباتي، وجزُر سليمان. كما تحدد الدراسة 35 "نقطة مظلمة" تعاني من أوضاع سيئة على نحو غير متوقَّع، مثل مونتيجو باي في جامايكا، وجزيرة لورد هاو في بحر تسمان بين أستراليا ونيوزيلندا.

وقد استخدم الباحثون في هذه الدراسة معلومات تتعلق ببيئة الشعاب، والعمق، والسكان المجاورين من البشر، وحجم عمليات الصيد؛ لتحديد أعداد السمك التي يمكن أن تعيش في كل منطقة.

ويمكن أن تساعد نتائج هذه الدراسات في توجيه جهود المحافظة، في وقت يشغل فيه الحفاظُ على الشعاب المرجانية الرأيَ العام. وجدير بالذكر أنّ حمايةَ الكائنات البحرية التي تعيش في أعماق أبعد عمليةٌ أصعب.

ورغم الإقبال الجماهيري الكبير على الأفلام الوثائقية التي تَعرِض تفاصيل عجائب الأعماق، إلا أنّ عالَم البحار والمحيطات غامض ومخيف بالنسبة إلى كثير من الناس. ويتجلى هذا الشعور ـ بل ويتفاقم ـ من خلال منهجيات السرد التي يستخدمها الرواة والحكّاؤون؛ إذ تبدو المحيطات في قصصهم مجهولة، لا يمكن سبر أغوارها، وغير قابلة للاستكشاف، بدءًا بالعواصف وسَمَك القرش، ووصولًا إلى العوالم الأخرى الرابضة في الأعماق، التي تصبح معها العودة إلى المحيط غير آمِنة على الإطلاق.

ورغم ذلك.. فإن ما نعرفه عن حياة الأعماق يشق طريقه في بعض الأحيان بقوة وثبات نحو الوعي العام. فعلى سبيل المثال.. لم يَنَل فيلم الرسوم المتحركة "العثور على نيمو" *Finding Nemo* ـ الذي أُنتج في عام 2003 ـ إعجاب الجماهير فحسب، وإنما أثار إعجاب علماء الأحياء البحرية أيضًا، الذين أبهرتهم مشاهدة المحيطات ـ التي درسوها جيدًا، وعرفوها عن كثب ـ معروضة أمام الجماهير بكل هذه الدقة والمصداقية، وكذلك حركة الحيوانات وتفاعلاتها، رغم (عدم واقعية أن السَّمَك في الفيلم كان يتكلم).

أجرت دورية *Nature* حوارًا مع آدم سامرز ـ من جامعة واشنطن بمدينة فرايدي هاربور ـ وهو أحد الذين يعود إليهم الفضل في الدقة التي مَيَّزت مادة هذا الفيلم، إضافة إلى مشاركته في الجزء الثاني من هذا العمل "العثور على دوري" *Finding Dory*، الذي عُرض أول مرة في يونيو الماضي. ويشير سامرز بوضوح ـ في ثنايا الحوار ـ إلى أنه على الرغم من وجود توجُّه عام لدى صانعي الأفلام إلى تحريف الحقائق، أو ربما تجاوُزها بصورة مطلقة عند سرد رواياتهم، إلا أن عرض الحقائق كما هي مِن شأنه أيضًا أن يضيف الكثير.

تمثلت إسهامات سامرز في هذه الأعمال ـ بوصفه عالِم ميكانيكا حيوية ـ في تقديم بعض الحقائق العامة عن السمك، مثل رؤيته لشخصية الحوت القرش، وملاحظاته الموضوعية والدقيقة حول الطريقة التي يجب أن تتحرك بها الحيوانات، حتى في الحركات التي لا تقوم بها الحيوانات البحرية في الواقع. فإذا تابعتَ بدهشةٍ وإعجاب شديدين مَشاهِد الأخطبوط في الفيلم؛ سترى حتمًا محصلة جهد رائع، بذله مخرجون موهوبون في مجال الرسوم المتحركة، ودعّمه فريق من العلماء المحترفين.

يتوجه الكثير من الباحثين في مجال علوم البحار إلى العامة بعلمهم، ويغرسون فيهم حب البحار والشغف بها، من خلال التحدث عن أعمالهم، وهو ما يجب أن يكون محل احتفاء وتقدير، لكنْ هناك كثيرون آخرون ينأون بأنفسهم عن المجال العام، ولا تتجاوز مناقشاتهم وأحاديثهم حول أبحاثهم العلمية دوائر أقرانهم، وهي مشكلة لا تخصّ هذا المجال وحده.

وإذا قُدِّر لغير العارفين بالمحيطات الانخراط في عالمها، وفَهْمه، والاحتفاء به، على غرار ما يفعله الباحثون؛ فإنه يتحتم على جميع المعنيين بذل مزيد من الجهود، لإبراز عجائب الأعماق، والكشف عن المخاطر التي تهدِّدها، ونشر ذلك على نطاق واسع.

ربما يَسْعَد العلماءُ بفيلمي "العثور على نيمو"، و"العثور على دوري"، لدقتهما العلمية، لكن الأمر سيكون كارثيًّا إذا اضطرت الأجيال القادمة إلى مشاهدة الفيلمين؛ للتعرف على ما تبدو عليه أحوال الشعاب المرجانية. ■

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

مَخاطِـر محسـوبة

لا بد أن تمضي تجارب العلاج الجيني قدمًا، ولكن بدون تجاهل المخاطر المصاحِبة لها.

كان جيسي جيلسينجر في الثامنة عشرة من عمره ويتمتع بصحة جيدة، حين وافته المنية في عام 1999 أثناء خوضه إحدى تجارب العلاج الجيني. كان جيلسينجر يعاني من نقص في إنزيم أورنيثين ترانس كارباميليز "OTC"، لكن كانت أموره تحت السيطرة من خلال نظام علاجي يمزج ما بين الحمية الغذائية، والأدوية. ومثل غيره ممن يعانون من هذا الاضطراب، كان جيلسينجر يعاني من نقص إنزيم وظيفي يشارك في عملية تكسير مادة الأمونيا، التي تُعَدّ من المخلفات الناتجة عن عملية أيض البروتين، والتي تصير سامّة إذا ارتفعت مستوياتها في الدم بشكل مفرط. وقد استخدم العلاج الجيني الذي تَلَقَّاه ناقلًا فيروسيًّا؛ لإدخال جين طبيعي؛ لإنتاج هذا الإنزيم.

هذا.. ويَبقى العلاج الجيني سبيلًا واضحًا ومباشرًا لعلاج مرض نقص إنزيم أورنيثين ترانس كارباميليز. وقد اتضح أن إضافة الجين المفقود تصلح مسار عملية الأيض في الفئران المصابة بالفعل، إلا أن ما حدث لجيلسينجر أدَّى إلى تباطؤ عمليات تطور العلاج الجيني، واستخدامه في علاج أي حالة مرضية.

وقد أُثيرت هذه الذكرى في شهر يونيو الماضي أثناء اجتماع اللجنة الاستشارية المعنيَّة بالحمض النووي المؤتلف "RAC"، التابعة لمعاهد الصحة الوطنية الأمريكية. تتولى هذه اللجنة تقويم خطط مقترحة لاستخدام الحمض النووي المُعدَّل في التجارب التي تُجرى على البشر. وقد قام بطرح تلك الخطط كل من كاري هاردنج - عالِم الوراثة الطبية بجامعة أوريجون للصحة والعلوم في بورتلاند - وسام وادزوورث - المدير العام للعلوم بشركة "دايمنشن ثيرابيوتيكس" Dimension Therapeutics في كامبريدج بولاية ماساتشوستس - اللذين عرضا أول تجربة جديدة لاستخدام العلاج الجيني؛ لمعالجة مرض نقص إنزيم أورنيثين ترانس كارباميليز.

يجادل هاردنج والباحثون بشركة "دايمنشن ثيرابيوتيكس" بأن التكنولوجيا الحديثة وفَهْمَنا للفسيولوجيا قد تطورا منذ عام 1999 بشكل يكفي لتجربة أسلوب العلاج مجددًا في البشر. ومن الجدير بالذكر أن جيلسينجر كان قد توفي إثر إصدار جسده رد فعل مبالغًا فيه للناقل المستخدَم في إدخال الجين الخاص بالإنزيم؛ بينما النهج الذي عرضته شركة "دايمنشن ثيرابيوتيكس" يستخدم ناقلًا فيروسيًّا مختلفًا، يُسمى AAV8، تم اختباره عدة مرات على البشر المصابين بأمراض أخرى، ولم يكن له الكثير من الآثار السلبية.

لم تكن مثل هذه الأحداث كافية بالنسبة إلى اللجنة، وتحديدًا المختصين بمجال الأخلاقيات الحيوية، والمؤرخين التابعين للمجال. فمن جانبها، أشارت دون وولي - عالمة الفيروسات بجامعة ولاية رايت في دايتون بولاية أوهايو - أن فريقًا تابعًا للجنة كان قد عبَّر عن مخاوفه بشأن تجربة جيلسينجر في عام 1995، إلا أن اللجنة سمحت للتجربة بالمضي قدمًا آنذاك. وتقول: "لا يمكننا السماح بحدوث ذلك مجددًا".

من الواضح أن حادثة وفاة جيلسينجر لا تزال تسيطر على تفكير اللجنة، ويظهر الدليل الأكبر على ذلك في الاقتراح المقدَّم من أحد الأعضاء، الذي طالب فيه بأن يوضح الباحثون في استمارة الموافقة المقرر إرسالها للمشاركين المحتملين في التجربة أن شخصًا ما قد توفي أثناء إجراء دراسة مشابهة من قبل. وبهذا المقترح.. جذب اهتمام وسائل الإعلام.

وإلى جانب ذلك.. ما زالت هناك أسباب علمية تدعو إلى توخِّي الحذر، فالناقل الفيروسي AAV8 يمكنه أن يسبب درجة طفيفة من السُّمِّيَّة في الكبد لدى الأشخاص الأصحاء، كما أن المنشِّطات المستخدَمة في علاج تلك السمية يمكنها أن تؤدي إلى مضاعفات لدى المصابين بنقص إنزيم أورنيثين ترانس كارباميليز. وفي ظل ضآلة المعلومات المتاحة بشأن هذه الآثار، اقترح أعضاء اللجنة أن يقلِّل الباحثون الجرعة إلى الحد الذي يُرجَّح فيه أن تكون آمنة، حتى لو كان هناك احتمال أن تكون تلك الجرعات غير فعالة.

وبعد نِقَاش مستفيض، صوتت اللجنة بالإجماع لصالح الموافقة على التجربة؛ برغم أنها أتت مرهونة بقائمة طويلة من الشروط، من بينها أنه يجب أولًا اختبار العلاج على نوع ثان من الحيوانات. ولم يوافق الباحثون على معظم تلك الشروط، إذ يعتقدون أن إجراء تجارب باهظة التكلفة على الحيوانات لن يضيف شيئًا إلى المسألة، كما يشعرون أنه يجري تطبيق معايير مختلفة عليهم عن معظم التجارب الأخرى.

ومن جانبها، لا تزال شركة "دايمنشن ثيرابيوتيكس" تنوي تقديم طلب إلى إدارة الغذاء والدواء الأمريكية "FDA" في وقت لاحق من هذا العام، للبدء في إجراء تجربة إكلينيكية. وبرغم أنه من غير الواضح مدى تأثير توصيات اللجنة على قرارات إدارة الغذاء والدواء، إلا أن وادزوورث يقول إنّ الشركة قد تُجْرِي تجاربها في الخارج، إذا استدعى الأمر ذلك. ويضيف: "هؤلاء المرضى ينتظرون منذ زمن طويل". وهو مُحِقّ في ذلك.. إذ ربما يستمر اختبار العلاجات على الكائنات غير البشرية فقط لفترة زمنية ما، ولكن في مرحلة معينة لا بد أن يتقدم متطوعون - من أمثال جيلسينجر - لتجربتها. وعلى ما يبدو، لا يمكن إسكات أصداء تجربة أُجريت منذ 17 عامًا بهذه السهولة؛ فقد تَرَدَّد اسم جيلسينجر عدة مرات في اجتماع اللجنة، بل إنّ باحثين من جامعة بنسلفانيا في فيلادلفيا أيضًا كانوا قد ذكروا اسمه في وقت سابق من صبيحة يوم الاجتماع، إثر تقديم مقترح لإجراء أول اختبار على البشر باستخدام تقنية التحرير الجيني "كريسبر" CRISPR، كعلاج للسرطان.

وفي النهاية، وافقت اللجنة على المقترح، ولسان حالها يقول: عليكم بتوخِّي الحذر.. فإن حدوث أيّ إخفاق قد يعرقل مسار أبحاث تقنية "كريسبر"، ويوقفه لعقود. ولذلك.. لا ينبغي علينا أن نسمح للتاريخ بأن يعيد نفسه. ■

مــا وراء "زيكــا"

ينبغي أن يسهم إلقاء الضوء على فيروس "زيكا" في تحفيز أبحاث أوسع عن العيوب الخلقية.

خلال الوقت الذي تستغرقه في قراءة هذا المقال، سيُولد طفل بعيب خلقي في الولايات المتحدة. وهذا يعني ولادة 120 ألف حالة ولادة بعيوب خلقية سنويًّا. وبالنسبة إلى كثير من الأشخاص الذين يعانون من حالات التشوه الحادة، تتحول مرحلة الطفولة وما بعدها إلى صراع للتغلب على الإعاقات العقلية أو الجسدية، وزيارات المستشفيات، والمخاوف اليومية. هذا ما يحدث في واحدة من أغنى دول العالم. أمّا في الدول منخفضة الدخل، أو متوسطة الدخل؛ فغالبًا ما يكون رصد العيوب الخلقية غائبًا أو ضعيفًا للغاية، بحيث لا تعرف السلطاتُ الصحية حجمَ المشكلة بوضوح مجرَّد؛ مما يصعِّب تطوير التدابير الوقائية، والرعاية المناسبة.

وتَظهر الحقائق المؤلمة للعيوب الخلقية في الصور الحديثة للمواليد ذوي الرؤوس الصغيرة بشكل غير طبيعي في البرازيل، وهي حالة تُسمَّى بـ"الصعل"، ويبدو أن لها علاقة بالمرض المنقول بالبعوض "زيكا". وقد وضع خطر فيروس "زيكا" العيوب الخلقية في جدول أعمال السياسة والصحة العامة بطريقة لم تشهدها البلاد منذ قضية الحصبة الألمانية التي أسفرت عن وباء ذي عيوب مشابهة لهذه العيوب الخلقية في منتصف الستينات من القرن الماضي.

وبناء عليه، يوفر "زيكا" فرصة لرفع مستوى الوعي تجاه العيوب الخلقية بدرجة كبيرة، وتعزيز البحث والعمل الصحي العام المحسَّن في العديد من القضايا والأمراض التي يمكن الوقاية منها. ويتوجب على الباحثين أن يثبتوا ذلك - على نحو عاجل - للممولين ودافعي الضرائب السياسيين، وذلك قبل حدوث الانحسار الحتمي للفورة ضد "زيكا".

وهناك هدف يجب الانتباه إليه، وهو القضاء على الحصبة الألمانية، إذ إنه لمن الخزي أن يُولد سنويًّا ما يقارب 100 ألف طفل في جميع أنحاء العالم مصابين بالحصبة الألمانية الخلقية، وذلك على الرغم من توافر لقاح رخيص وفعال ضد الحصبة الألمانية. إن الفيروس ينتشر ببطء، ويُعتبر القضاء عليه هدفًا سهل المنال، من خلال تسريع التطعيم في البلدان الأكثر فقرًا.

هناك هدف سهل آخر يتمثل في الإضافة الإجبارية لفيتامينات حمض الفوليك إلى الأغذية الأساسية؛ للوقاية من عيوب الأنبوب العصبي في تطوير الأجنة، مثل السِّنْسِنَة المشقوقة. وعلى الرغم من الأدلة الوفيرة على فعالية التحصينات الإجبارية، إضافة إلى اعتمادها في الولايات المتحدة، إلا أنه يجب على أغلب الدول - ومن ضمنها جميع الدول الأوروبية - أن تحذو حذوها.

ويكمن التحدي طويل الأمد في تطوير البنية التحتية البحثية اللازمة؛ لتقصِّي أسباب العيوب الخلقية، وطرق الوقاية منها، لا سيما أنه لم يتم تحديد المسبِّب للجزء الأكبر منها، المتمثل في ثلاثة أرباع هذه الوقائع. وسوف يتبين أن بعضها أحداث عشوائية، وسيكون البعض الآخر نتيجة لأصول وراثية، أو متعددة العوامل، ولكنْ مِن المرجح أن يكون العديد منها نتيجة التعرض للعوامل البيئية، أو المعدية، التي يمكن للسلطات الصحية العامة أن تفعل شيئا حيالها.

ويتطلب هذا النوع من الأبحاث التزامًا واستثمارًا طويل الأجل، ورعاية المجتمعات البحثية المتخصصة. وربما تكون دراسات العيوب الخلقية هي الأكثر صعوبة من بين جميع أنواع البحوث الوبائية. وعلى الرغم من أن تأثيرها المشترك على الإنسان والصحة العامة هائل، إلا أن التشوهات الخلقية الفردية نادرة نسبيًّا، بالمقارنة بأمراض الرئة مثلًا. وهذا يعني أنه يجب أن ترصد قواعد بيانات التعداد السكاني عيوب المواليد، وتسجِّلها، وأن تصل إلى قوة إحصائية كافية.

وفي وسط المناخ السياسي المتعلق بخروج بريطانيا من الاتحاد الأوروبي، تظهر مفارقة معينة، تتمثل في أنّ واحدًا من أنظمة المراقبة الأكثر تطورًا للتشوهات الخلقية - وهو النظام الأوروبي لمراقبة التشوهات الخلقية (EUROCAT) - تم ابتكاره برؤية بعيدة النظر في عام 1974 من قِبَل المجموعة الاقتصادية الأوروبية، وذلك في أعقاب مآسي الحصبة الألمانية، وعقار الثاليدوميد. قد تبدو هذه السجلات بسيطة، ولكنها تُعتبر حاسمة، إذا أردنا أن ندعم استكشاف أسباب وعوامل خطر التعرض للتشوهات الخلقية، وتوفير نظام الإنذار المبكر للأسباب جديدة لها.

وينبغي أن تكون العيوب الخلقية على رأس أولويات الصحة العامة؛ لحماية الصغار، والغالبية الأكثر عرضةً من أفراد مجتمعنا. والأمر المذهل حقًّا أن العيوب الخلقية ليست على رأس الأولويات حتى الآن، ونحن في عام 2016. ■

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



تغيُّر المناخ.. واقع نعيشه، وليس مستقبلًا ننتظره

يقول **جيمس واتسون** إنّ "الصدمة" التي أثارها انقراض أحد الحيوانات في أستراليا توضح أننا ما زلنا لا نرى أن الاحترار العالمي يمثل مشكلة قائمة بالفعل.

حَصَدَ التغيُّر المناخي أولى ضحاياه من الثدييات، حيث تشير التقارير إلى انقراض الجرذ البُنِّي الأسترالي (*Melomys rubicola*). ويُعتقد أن آخِر تلك الحيوانات الاسترالية من فصيلة الجرابيات قد اختفت في عام 2009 تقريبًا، ولكن التقرير الذي أصدرته حكومة كوينزلاند ـ في منتصف يونيو الماضي، والذي يوضح احتمال انقراض ذلك النوع، والسبب الذي أدَّى إلى ذلك، وهو ارتفاع منسوب مياه البحر، الناجم عن التغيرات المناخية ـ صار حديث الإعلام العالمي.

لا شك أن موت آخِر فرد من أحد أنواع الثدييات ـ بل ومن أي نوع من الكائنات الحية ـ أمر مؤسف للغاية، ووضع لا يمكن تغييره، غير أن التغطية واسعة النطاق لواقعة الانقراض تلك وما أعقبتها من مشاعر قلق متدفقة من شتى أطياف المجتمع قد أثارت مسألة أخرى؛ فانقراض الأنواع الحية أمر يحدث كل يوم، ولا يحظى بهذا القدر من الضجة، ولا تتعرض التقارير لِذِكْرها. وكان آخِر نوع من الثدييات الأسترالية المنقرضة قبل الجرذ الأسترالي هو خفاش جزيرة كريسماس الصغير (*Pipistrellus murrayi*)، وكان ذلك في عام 2009، بدون أي تغطية صحفية، ولكنّ انقراض هذا النوع من القوارض حظي بهذه التغطية، لأنه وَضَعَ نهاية لفكرة أن تغيُّر المناخ لن يكون مصدر قلق للأنواع، إلا في المستقبل. وهذا يعكس مشكلة أساسية وواسعة الانتشار بشأن الطريقة التي ننظر بها إلى قضية التغير المناخي والكتابة عنها، لا سيما عندما يتعلق الأمر بالطبيعة، والحفاظ على البيئة. فلا يزال الكثيرون يعتقدون أن تغيُّر المناخ مشكلة يمكننا تأجيلها، والنظر في أمرها فيما بعد.

ومعرفة الأسباب وراء ذلك ليست أمرًا عسيرًا؛ فعلماء المناخ يستخدمون تنبؤات بعيدة المدى بمقاييس زمنية محددة، تكون ما بين 50 إلى 100 عام، وذلك لأسباب وجيهة؛ إذ إنّ التغير في تركيز غازات الدفيئة في الغلاف الجوي يستغرق فترات زمنية طويلة؛ لإحداث تغيير يُذْكَر. فالنظرة المستقبلية بالنسبة إلى العلماء تمنحهم قدرًا أكبر من اليقين؛ أي أنهم يعلمون يقينًا أنه ستكون هناك مشكلة تجب معالجتها. أما رجال السياسة، فيميلون إلى التركيز على الأمور بعيدة المدى أيضًا، ولكنْ لأسباب تقف على طرف النقيض من أسباب العلماء؛ حيث يمكنهم تسليط الضوء على الأمور المشكوك فيها في التفاصيل، والتحدث عن اتخاذ الإجراءات المناسِبة، دون الحاجة إلى تنفيذ أيٍّ منها، غير أن تلك التنبؤات بعيدة المدى صارت أيضًا أساس تقييم الناس للآثار المحتمَلة للتغيرات المناخية على الأنواع والنظم البيئية، وتعريف الآخرين بها. وكما يتبين من واقعة انقراض الجرذ البُنِّي الأسترالي، فإننا نرى تلك الآثار تحدث أمام أعيننا في الوقت الحالي.

ولا شك أن النظام المناخي على مستوى العالم قد أصابه اضطراب خطير؛ فقد زاد متوسط درجة الحرارة العالمية بمعدل درجة مئوية واحدة تقريبًا عن معدله الطبيعي. كما أننا نرى في شتى أنحاء الأرض تغيرات جذرية في درجات الحرارة اليومية، وأنماط سقوط الأمطار، وتوقيتات الفصول الأربعة، إضافة إلى الزيادة الإجمالية في عدد حالات الجفاف والأعاصير والفيضانات، ومدى قسوتها. ومن الأمور الملموسة حاليًّا أننا قد تخطينا دورة المناخ الطبيعية، وأن الوضع من شأنه أن يستغرق قرونًا للتعافي من تلك الآثار، حتى لو قمنا على الفور بتنفيذ سياسات؛ للحدّ من آثار التغيرات المناخية.

لقد أصبحت الطبيعة الآن على خط اللهيب؛ فالتغيرات المناخية تضع أمامنا تهديدات جديدة، وتُسرِّع من حالات التدهور الموجودة بالفعل. فمن المتوقع حدوث عدد هائل من حالات الانقراض، نتيجة للتأثيرات المباشرة للتغيرات المناخية، ولكن هذا ليس نهاية المطاف؛ حيث أن التغيرات المناخية تتفاعل أيضًا مع عوامل رئيسة أخرى؛ عَجَّلَت بحدوث أزمة الانقراض الراهنة، ومعظمها نتيجة مباشِرة لأفعال البشر. فالمجتمعات البشرية المعرَّضة للخطر تستجيب بطريقتها الخاصة للتغيرات المناخية، مما يؤدي إلى إضافة مزيد من الضغوط على النظم البيئية المتدهورة بالفعل. فعلى سبيل المثال.. يمثل التوسع في الأنشطة الزراعية ـ نتيجةً لتحسُّن نمط سقوط الأمطار على امتداد صدع ألبرتين، وأودية حوض نهر الكونغو ـ تهديدًا متزايدًا في الوقت الراهن لأكثر المناطق تنوعًا من الناحية البيولوجية في أفريقيا.

وإذا ما قُدِّر لنا الحصول على فرصة للمقاوَمة؛ للحيلولة دون وقوع أزمة الانقراض الراهنة، فعلينا أولًا تقبُّل فكرة أن أزمة تغيُّر المناخ تلوح أمام أعيننا، ونشْر هذه الفكرة، وأنّ اتخاذ إجراءات استباقية مطلوب الآن بصورة مُلِحَّة. ويجب علينا ألا نتعامل مع الأنباء الخاصة بانقراض الجرذ البُنِّي الأسترالي على أنها مجرد سؤال مثير للاهتمام؛ بل يجب أن نتعامل مع المسألة برمّتها على أنها درس لنا جميعًا.

> "يجب علينا تقبُّل فكرة أن أزمة تغيُّر المناخ تلوح **أمام أعيننا** بالفعل، ونَشْرها، وأنّ اتخاذ إجراءات استباقية مطلوب الآن **بصورة مُلِحَّة**".

لم يكن ذلك الحيوان يعيش في مكان يتعارض وجوده فيه مع أي احتياجات مجتمعية أخرى، مثل الأراضي الصالحة للزراعة، أو المناطق السكنية، بل إنه كان يعيش على جزيرة غير مأهولة بالسكان، يتمتع فيها بحماية فعّالة من أي تهديدات أخرى. ومن ثم، كان من الممكن اتخاذ مجموعة كبيرة من الإجراءات لإدارة أفراد ذلك النوع، وحمايتهم، دون أيّ تعارُض مع أي برامج، أو أغراض أخرى.

وقد خضعت الحيوانات من رتبة الجرابيّات ـ التي تعيش في أستراليا ـ لكثير من البحث العلمي. وبالنظر إلى متطلبات السكن الخاصة بالجرذ البني، والارتفاع المنخفض للجزيرة، وحقيقة توفر معلومات واسعة الانتشار عن ارتفاع منسوب مياه البحر عبر السواحل الأسترالية، لم يكن من الصعب إدراك أن هذا النوع من الحيوانات كان في خطر داهم. ومع ذلك.. لم يتم اتخاذ أي إجراء تقريبًا في الوقت المناسب؛ فلم تكن هناك أيّ خطط استباقية لمراقبة هذا النوع من الحيوانات، أو لنقل بعض أفراده؛ بهدف إنقاذ النوع، أو حتى لإقامة حاجز بسيط على مستوى منسوب مياه البحر. لم يتم اتخاذ أي إجراء، نتيجة الاعتقاد أن تغيُّر المناخ لم يحدث بعد على أرض الواقع، وأنه لا يزال هناك وقت لتدبُّر الأمر؛ واتخاذ ما يلزم من إجراءات للتعامل معه بنجاح.

إنّ هذا الأسلوب في التفكير غير مقبول، فنحن بحاجة إلى تغيير جوهري في الطريقة التي ينظر بها المجتمع العلمي، ووسائل الإعلام، وصانعو السياسات، وجهات التمويل البيئي إلى قضية تغير المناخ، وفي أسلوب مناقشتها. فعندما نفكر في تأثير التغيرات المناخية على التنوع البيولوجي، يجب علينا أن ننظر إليه على أنه واقع يحدث بالفعل من حولنا، وأنه من الضروري إدارة الأزمة في الوقت الحالي، بالتزامن مع غيرها من التهديدات الأخرى. ومن الأمور بالغة الأهمية أيضًا في هذا السياق.. إجراء أبحاث علمية؛ للتعرف على الأنواع التي يمثل تغيُّر المناخ تهديدًا فوريًّا لها، على أن يعقب ذلك وضع خطط لمساعدة تلك الأنواع على البقاء. وليست هذه بالمهمة السهلة، بل هي مهمة معقدة، ولكنْ لكي نمنح الطبيعة فرصة، فإننا بحاجة إلى كبح جماح الخوف من المستقبل؛ من أجل مواجهة حقائق الحاضر. ■

جيمس واتسون أستاذ مساعد بجامعة كوينزلاند في مدينة بريسبان، ورئيس جمعية "بيولوجيا الحفاظ على البيئة"، ومدير مبادرة العلوم والبحوث في "جمعية الحفاظ على الحياة البرية". البريد الإلكتروني: jwatson@wcs.org

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

نظرة شخصية على الأحداث





التحرير الجيني يفتح آفاقًا جديدة للعلوم

يقول **كيفين إيسفيلت** إن الأبحاث والتطورات المتسارعة في مجال الدفع الجيني تتيح الفرصة لإعادة صياغة القواعد المنظِّمة للعلوم.

مِن الواضح أن ظهور أنظمة الدفع الجيني التي ساعدت على سرعة انتشار الطفرات المهندَسَة وسط تجمعات الكائنات الحية ـ يعني أنه بمقدور كائن حي واحد يتم إطلاقه خارج المعمل أن يغيِّر التجمع الذي يعيش فيه، وربما يصل التغيير أيضًا إلى جميع التجمعات في كافة أنحاء العالم. وسيؤثر أي إطلاق غير مخطَّط له لأي كائن حتى لو لم يسبب ضررًا بيئيًّا تأثيرًا حتميًّا سلبيًّا على ثقة الجمهور؛ ومن ثم سيفضي إلى وضع قيود صارمة على الأبحاث.

في شهر يونيو الماضي، أصدرت "الأكاديمية الوطنية الأمريكية للعلوم" مجموعة توجيهات بشأن السلوك المسؤول في مجال أبحاث الدفع الجيني. ويأتي هذا التقرير بعد قرابة عامين من صدور المنشور الأول الذي يصف كيف تمهِّد تقنية التحرير الجيني "كريسبر-كاس9" CRISPR-Cas9 السبيلَ للدفع الجيني لكائنات حية مختلفة. وسيكون لهذا التحول السريع في موقف الأكاديمية أثر دائم على المجال؛ فقد استخدم العلماء أنظمة الحث الجيني القائم على تقنية "كريسبر" في أربع فصائل من الحيوانات حتى الآن.

ويقدم التقرير مقترحات معقولة، مثل الاختبار المرحلي، وتقييم المخاطر البيئية. وإذا كنا بصدد وضع إجراءات ملائمة تقي من المخاطر ذات الصلة بالدفع الجيني، وسائر التقنيات القوية، فعلينا أن نعالج مشكلة أكبر، ألا وهي الطبيعة المنغلقة للعلوم.

لا أحد يستطيع أن يضع تصميمًا عقلانيًّا للمشروعات العلمية الحالية، بسبب ما في ذلك من مضيعة للوقت والجهد، كما أنها غير مجدية. فكثيرًا ما يصادف الباحثون المشكلات نفسها، ويكررون الجهود نفسها، من حيث لا يدرون. يثبط ذلك من روح التعاون بينهم؛ إذ لا ندرك أبدًا مَن يمتلك الجزء المفقود من الأحجية، إلا إذا التقينا بهم مصادفة في أحد المؤتمرات. ويضيع الوقت بالطبع في كتابة طلبات لا تنتهي، من أجل الحصول على مِنَح، مما يؤثر تأثيرًا سيئًا للغاية على رفاهية الباحث؛ إذ يدمر ضغط التنافس قدرة الباحث على الاستكشاف والإبداع بنشاط.

أضف إلى ذلك عدم الشعور بالأمان، في ظل البطء الشديد في إصدار اللوائح والأنظمة. وبالتالي، يتعذر على الباحثين التنبؤ بالعواقب على نحو يعوَّل عليه، خاصة أن مجال العلوم رحب للغاية. وقد لَخَّص روبرت أوبينهايمر، رائد القنابل الذرية ـ هذه المشكلة تلخيصًا وافيًا عندما قال: "عندما ترى شيئًا واعدًا من الناحية التقنية؛ فإنك تشرع في تنفيذه، ولن تناقِش تصرُّفك حياله، إلا عندما تحرز نجاحًا تقنيًّا".

وبينما لا تستحق نجاحات تقنية معينة أن نسعى وراء تحقيقها، إلا أن هناك نجاحات أخرى نحتاجها بشدة. إذَن كيف لنا أن نميز بين أنواع النجاح، إذا كانت التجارب والأبحاث العلمية تُجرى خلف أبواب موصدة؟

ثمة بشائر لبعض التقدم الحاصل في المجال، فقد عقدتُ مع زملائي ـ قبل إجراء أي تجارب ـ نقاشات مفتوحة حول العواقب المحتمَلة للدفع الجيني القائم على تقنية "كريسبر". وقد عمل الكثير من الباحثين في مجال الدفع الجيني جنبًا إلى جنبٍ من أجل تحسين مستوى الأمان وزيادة الشفافية، وإنْ كانت كل هذه الجهود غير رسمية. فعلى سبيل المثال.. اطّلعت مجموعتي على ورقة بحثية عن الدفع الجيني، أعدَّها معمل آخر، واستطعنا اقتراح تعديلات، منها ضرورة وجود ضمانات إضافية؛ لتفادي الإطلاق غير المحسوب للكائنات المعدَّلة وراثيًّا. وكانت المصادفة أننا لم نعلم بأمر هذه الورقة البحثية إلا عندما قَدَّم لنا أحد الصحفيين نسخة من البحث، قبل إتاحته للجمهور.

ومع الأسف، يخفُت الانفتاح والتجاوب في مجال العلوم في ظل ضعف الحوافز التشجيعية الحالية، حيث يحدث كثيرًا أنْ يكون جزاء العلماء الذين يكشفون عن أفكارهم أنْ يسبقهم إلى نشرها معمل آخر، بدلًا من أن ينالوا التقدير اللازم لإبداعهم. ويؤدي ذلك إلى الوقوع فيما يسمى "معضلة السجينَين"؛ إذ مِن المفترَض أن يعود التعاون بالنفع على الجميع، ولكن إسهامك قد يُستغَل من قِبَل أناس يسرقون فكرتك، ويسبقونك إلى تنفيذها، وينسبون النجاح إلى أنفسهم.

توفر الأبحاث في مجال الدفع الجيني مخرجًا من هذا المأزق، إذ يُعَدّ المجال جديدًا وصغيرًا، وقد عمل الكثير منّا معًا بالفعل من أجل نشر توصية مشتركة تنادي باستخدام استراتيجيات تقييدية صارمة ومتعددة عند إجراء التجارب المستقبلية. وتكشف بالفعل مجموعات عديدة عن أبحاثها في مجال الحث الجيني، سواء المقترَحة منها، أم الجارية، وترحب بتَلَقِّي أيّ تغذية راجعة. ويفتح نقاشات واسعة بين الباحثين والممولين، تهدف إلى إيجاد طرق؛ لضمان تعاون وتجاوب الجميع.

في القريب العاجل، ستُطلِق مجموعتِي ومجموعات أخرى "مشروعَ العلوم التعاوني" Responsive Science Project؛ لتمكين العلماء في مجال الدفع الجيني من مشاركة خططهم وأبحاثهم مع بعضهم البعض، ومع المجتمعات المهتمة بالأمر. ونأمل أن يصبح المشروع بمثابة خزانة مركزية للأفكار والمعلومات ذات الصلة بأبحاث الدفع الجيني، تفسح المجال أمام التقييم الشامل والتحليل النقدي، قبل الشروع في تنفيذ التجارب.

> "يخفُت الانفتاح والتجاوب في **مجال العلوم** في ظِلّ ضَعْف الحوافز **التشجيعية الحالية**".

ويمكن أن تسهم الدوريات العلمية في تحفيز العلماء على مشاركة مقترحاتهم. فعندما تُنشر ورقة بحثية من قِبَل ناشرين لا يراعون قواعد النشر الجديدة ـ التي تقتضي الكشف عمّا يفعلونه، والتعاون مع الناس الذين بادروا بتقديم الفكرة الرئيسة ـ فيمكن للدوريات عندئذ أن تعود إلى خزانة المعلومات؛ لتحديد العلماء الذين يستحقون أن يُنسب إليهم الفضل، وأن تدعوهم إلى كتابة مقالات مرافِقة للورقة البحثية. وبالمثل، يجب على جميع الممولين أن يَشترِطوا الكشف الفوري ـ على الملأ ـ عن المقترحات التي تنطوي على تقنيات الدفع الجيني، فضلًا عن الكشف بانتظام عن كل ما يطرأ على وضع البحث الممول من مستجدات.

وإذا نجحت هذه المحاولة لجعل العلوم أكثر انفتاحًا في مجال واحد، فربما تمتد لتشمل الأبحاث الخاصة بتقنيات أخرى ذات علاقة، وغير ذلك من مجالات. ويُعَدّ هذا سببًا كافيًا لتطبيق الطريقة على سبيل التجربة، بيد أن تقنية الدفع الجيني تملك سببًا إضافيًّا، من حيث كونها فريدة من نوعها؛ وبالتالي تتطلب طريقة جديدة وفريدة لتنفيذها.

ولأنّ تبعات الأخطاء ذات الصلة بالكائنات التي خضعت لتقنية الحث الجيني قد تؤثر على مجتمعات خارج المعمل، فيجب على العلماء الالتزام بعرض خططهم علنًا، ودعوة الآخرين إلى تقديم مقترحاتهم، والإفصاح عن مخاوفهم، والكشف عن نتائج التجارب في أقرب وقت ممكن، وإعادة تصميم التقنية، إذا لزم الأمر. ومِن المرجَّح أن تنال هذه الطريقة ـ بعد أن طُبِّقت على مجال الحث الجيني ـ دعمًا شعبيًّا لاستخدامها في مجالات مِن شأنها أن تنقذ حياة ملايين من البشر، وتحمي العديد من الفصائل الحيوانية من الانقراض.

ويجب علينا أن نضمن الانفتاح والتعاون في مجال أبحاث الدفع الجيني، ومن ثم ننقل هذه التجربة المختلفة إلى مختلف الأوساط العلمية. ■

كيفين إيسفيلت قائد "مجموعة إعادة تشكيل التطور" Sculpting Evolution group في المختبر الإعلامي التابع لمعهد ماساتشوستس للتقنية "MIT"، كمبريدج، ماساتشوستس.
البريد الإلكتروني: esvelt@mit.edu

أضـواء على الأبحـاث

مقتطفات من الأدبيات العلمية

علم الأعصاب

المايلين يعوق عمل خلايا مناعية

تتحلل الطبقة العازلة المحيطة بالألياف العصبية مع تقدُّم الفئران في العمر، مما قد يؤدي إلى حدوث خلل وظيفي مناعي.

تغلِّف طبقة المايلين الأعصابَ؛ لتُسَرِّع عملية انتقال الإشارات. فقد قام ميكائيل سايمونز ـ من معهد ماكس بلانك للطب التجريبي في جوتنجن في ألمانيا ـ وزملاؤه باستخدام مجهر إلكتروني؛ لدراسة أدمغة الفئران؛ فوجدوا زيادة في كميات قطع بقايا المايلين مع التقدم في العمر، كما وجدوا أن هذه القطع التقطتها خلايا مناعية بالمخ تُسمى بالخلايا الدبقية الصغيرة، التي تبتلع المخلفات والمواد الغريبة. وخلال هذه العملية، تراكمت تجمُّعات دهنية غير قابلة للذوبان داخل الخلايا الدبقية الصغيرة، وانخفضت قدرة الخلايا على التقاط المواد الغريبة.

يشير الباحثون إلى أن الخلايا الدبقية الصغيرة قد تنشغل بالكميات المتزايدة من بقايا المايلين، مما يحدّ من قدرتها على أداء وظيفتها في المخ مع تقدُّم العمر.

***Nature Neurosci*. http://dx.doi.org/10.1038/nn.4325 (2016)**

مواد حيوية

مادة صلبة شبه سائلة تُنَمِّي الخلايا

هناك سقالة مصنوعة من حبيبات هلام مائي مضغوطة مع بعضها بإحكام، تسمح بنمو الخلايا المستنبتة بتشكيلات ثلاثية الأبعاد.

فقد قام توماس أنجيليني وزملاؤه ـ بجامعة فلوريدا في جينسفيل ـ بتطوير سقالة مصنوعة من مادة صلبة شبه سائلة، تتحول ـ بشكل مؤقت ـ إلى سائل عند الضغط عليها، ثم تتصلب سريعًا فور إزالة الضغط. قام الفريق بطباعة تكتلات ثلاثية الأبعاد لأنواع مختلفة من الخلايا داخل المادة الصلبة شبه السائلة، مكوِّنة هياكل متعددة الخلايا في شكل كرة، وحلقة، ووردة (**في الصورة**).

ولُوحِظ أنه على عكس السقالات الأخرى الأكثر صلابةً، المستخدَمة في المزارع الخلوية ثلاثية الأبعاد، فإن هذه السقالة لا تتلف بسهولة عند حقن الخلايا فيها، ولا توجد حاجة إلى تفتيتها بالإنزيمات؛ للسماح للخلايا بالنمو والانتقال.

***ACS Biomater. Sci. Eng.* http://doi.org/bjzp (2016)**



T. BHATTACHARJEE *ET AL.*/AM. CHEM. SOC.



LANDSAT 7 SCIENCE TEAM/GSFC/NASA

علم الجليد

علامات مبكرة لتَرَاجُع الجليد

تشير دراستان إلى أن القارة القطبية الجنوبية قد بدأت في فَقْد الجليد منذ زمن أبعد مما كان يُعتقَد.

قام فريق بحثي، تقوده شوجي وانج ـ من جامعة سينسيناتي في أوهايو ـ بدراسة صور نُشرت مؤخرًا، التقطتها أقمار تجسُّس أمريكية. ووجد الفريق أن الكُتَل الجليدية التي تغذِّي جرف "لارسين بي" Larsen B الجليدي في شبه الجزيرة القطبية الجنوبية (التقطت الصورة في عام 2000) كانت بالفعل تتحرك بسرعة عالية في اتجاه البحر بين الأعوام 1963-1979، و1979-1986، أي قبل انهياره المذهل في عام 2002.

في عمل منفصل، استخدم فريزر كريستي من جامعة إدنبره بالمملكة المتحدة وزملاؤه أقمارًا علمية؛ لتأكيد تَرَاجُع الجليد عبر ساحل غرب القارة القطبية الجنوبية منذ عام 1975 على أقل تقدير.

***Geophys. Res. Lett.* http://doi.org/bjm3; http://doi.org/bjm4 (2016)**

التطور

سَمَك يترك الماء

تطوَّر السمك عدة مرات؛ ليتمكن من العيش على الأرض، مما يشير إلى أن التحول المصيري من الماء إلى الأرض أثناء تطور الحياة على الكوكب ربما كان أمرًا معتادًا.

فقد قام تيري أورد، وجورجينا كوك ـ من جامعة نيو ساوث ويلز في كينسنجتون بأستراليا ـ بفحص بيانات تتعلق بسلوك السَّمَك الحي وبيئته، وتعرفوا على 33 عائلة مختلفة، تضمَّنت أنواعًا برمائية، بعضها نادرًا ما يترك الأرض. شهدت إحدى العائلات، وهي *Blenniidae*، تطورًا في أسلوب حياتها البرمائية من 3 - 7 مرات. كما لاحظ الباحثان أن أحد الأنواع المائية في الأساس ضمن هذه العائلة ـ وهو *Praealticus labrovittas* ـ يخرج إلى اليابسة في الأيام الدافئة على شاطئ جزيرة جوام في غرب المحيط الهادئ.

يَفترِض الباحثون أن قدرة السَّمَك على البقاء على قيد الحياة على اليابسة قد تساعده على التكيف مع مستويات الأكسجين المنخفضة في مياه البحر الدافئة، وتمنعه من أن يَعْلَق في أحواض المَدّ والجَزْر.

***Evolution* http://doi.org/bjzq (2016)**

الشيخوخة

مادة كيميائية تطيل العمر

مادة كيميائية تتمكن من إطالة عمر دودة خيطية، عن طريق التدخل في إدراكها بوجود غذاء من عدمه.

من المعروف أن الكائنات الحية التي تُستخدم كنماذج لدراسة بعض الظواهر

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

الحيوية تعيش مدة أطول عندما يُوَفَّر لها نظام غذائي محدود. قام مارك لوكانِك، وجوردون ليثجو في معهد باك لأبحاث الشيخوخة في نوفاتو بولاية كاليفورنيا، وزملاؤهما، بإجراء مسح لـ30 ألف مركّب صناعي؛ فوجدوا عدة مركّبات تطيل من عمر الدودة الخيطية *Caenorhabditis elegans*. يحاكي المركّب الأقوى NP1 تأثيرات اتباع نظام غذائي محدود، عن طريق حَجْب نشاط مسار حسي يعمل في الظروف الطبيعية على إرسال إشارات تفيد بوفرة الطعام، من خلال زيادة إشارات الناقل العصبي الجلوتاميت إلى البلعوم. والبلعوم في الديدان الخيطية هو عضو يشبه الأنبوب، يضخ الطعام إلى الأمعاء.

يقول الفريق إن المزيد من الدراسات حول مسارات استشعار الغذاء قد ترشد العلماء إلى مواد كيميائية أخرى، من شأنها أن تطيل العمر أيضًا.

***Aging Cell* http://doi.org/bjhh (2016)**

الفيزياء الفلكية

النسبية تنجح في اختبار الثقوب السوداء

تظل نظرية النسبية العامة صحيحة، حتى في ظل الظروف المتطرفة الخاصة بارتطام ثقبين أسودين.

في عام 2015، رَصَدَ مرصد قياس تَدَاخُل موجات الجاذبية بالليزر "ليجو" المتطور LIGO أول دليل على وجود موجات جاذبية، نشأت عن اندماج ثقبين أسودين. قام والتر دل بوتسو ـ من جامعة برمنجهام بالمملكة المتحدة ـ وزملاؤه العاملون ضمن مشروعي التعاون "ليجو"، وشريكه الأوروبي "فيرجو" Virgo بمقارنة الإشارة المرصودة بالإشارات المتوقَّعة من خلال عمليات محاكاة مستنِدة إلى النسبية العامة؛ فوجدوا أن الملاحظات توافقت مع التوقعات بدرجة كبيرة، كما حدث في اختبارات سابقة أُجريت في مجالات جاذبية أضعف بكثير. وكان هذا هو أول اختبار مباشِر لنظرية النسبية العامة، التي وضعها آينشتاين، في ظل ما يحدث من انحناء حاد في نسيج الزمان والمكان والحركة السريعة.

مع الخطط المطروحة لزيادة حساسية مِجَسَّات "ليجو"، يمكن استخدام الملاحظات المستقبلية لاختبار نظريات أخرى من نظريات الجاذبية وبدائل افتراضية للثقوب السوداء، كما يقول الباحثون.

***Phys. Rev. Lett.* 116, 221101 (2016)**

التحرير الجيني

"كريسبر" تُوقِف نمو السرطان

إنّ تعطيل جينات معينة في جينومات السرطان باستخدام تقنية "كريسبر-كاس9" يحدّ من قدرة الخلايا السرطانية على التكاثر.

فقد قام ويليام هان ـ بمعهد دانا فاربر لأمراض السرطان في بوسطن ـ وأفياد تشيرنياك ـ من معهد برود، التابع لجامعة هارفارد ومعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا في كمبريدج، الواقِعَين في ولاية ماساتشوستس ـ وزملاؤهما بإسكات جينات محددة في ثلاثة وثلاثين خطًّا لخلايا سرطانية، باستخدام تقنية "كريسبر-كاس9" التي يمكن توظيفها لقطع شريط الحمض النووي في مناطق محددة. ووجد الفريق أنه في أجزاء الجينوم التي تحتوي على نُسَخ متعددة من جينات معينة، كانت هناك علاقة بين عدد الكسور التي أَحْدَثَهَا نظام "كريسبر" في شريط الحمض النووي، وانخفاض معدل تكاثر الخلايا؛ وهو ما لم نشهده عند استخدام أداة أخرى من أدوات التحرير التي تُسمى "تداخل الحمض النووي الريبي". ومن الممكن لهذا التأثير أن يكون ناتجًا عن عملية إصلاح القطع الذي تُحْدِثه تقنية "كريسبر" في شريط الحمض النووي.

تشير النتائج إلى أن الخلايا السرطانية تتأثر بحدوث تلف في أماكن محددة من شريط الحمض النووي، كما تؤثر تلك النتائج على الطريقة المثلى لتفسير التجارب التي تُستخدم فيها تقنية "كريسبر". ويشير الباحثون إلى أن استهداف مناطق محددة من الجينوم بها تسلسلات جينية كثيرة متكررة ربما يطرح استراتيجية علاجية جديدة.

***Cancer Discov.* http://doi.org/bjzn (2016)**

الطاقة

النيتروجين الزائد يُفْسِد الوقود الحيوي

يمكن للسماد الذي يحتوي على النيتروجين أن يحفِّز نمو المحاصيل، ومن ثم إنتاج الوقود الحيوي، إلا أن استخدام كميات كبيرة منه قد يقلل فوائده المناخية للنصف.

ويُعتبَر وقود الإيثانول المصنوع من السليولوز النباتي مِن الصور الواعدة للطاقة المتجددة. فقد قام فيليب روبيرتسون ـ من جامعة ولاية متشيجان في هيكوري كورنرز ـ وزملاؤه بإضافة كميات متباينة من السماد النيتروجيني على رُقَع تجريبية لنبات *Panicum virgatum* بشكل دوري لمدة ثلاثة أعوام، ثم قاموا بقياس انبعاث غاز الدفيئة أكسيد النيتروس (N_2O)، وكميات النترات المرتشحة، التي تُعَدّ إحدى ملوثات المياه؛ فوجدوا أن السماد عزز الإنتاج في العام الأول، إلا أن هذه الزيادة انخفضت مع استمرار استخدامه، كما زادت مستويات الانبعاثات وكمية الترشح زيادة مطردة مع زيادة كمية السماد.

يشير الفريق إلى أن تقليل استخدام السماد سيكون أمرًا ضروريًّا للحفاظ على الفوائد البيئية للوقود الحيوي الناتج عن السيليولوز.

***Environ. Res. Lett.* 11, 064007 (2016)**

علم النبات

كيف يَلتقِط نباتٌ طحلب الصحراء الماءَ

كَشَف الباحثون عن سمات هيكلية صغيرة على أسطح أوراق نبات صحراوي شائع، تسمح له بجَمْع الماء من الهواء الرطب.

إنّ نبات *Syntrichia caninervis* (**في الصورة**) هو طحلب صغير، ليس له جذور. ولفَهْم كيف يَستخدِم هذا النبات أوراقه لالتقاط الماء من الهواء الرطب، قام تاد تروسكوت ـ من جامعة ولاية يوتا في لوجان ـ وزملاؤه بتغيير الرطوبة النسبية للهواء في مختبرهم، واستخدموا كاميرات عالية السرعة، ومجهرًا إلكترونيًّا لدراسة ردّ فعل النبات؛ فاكتشفوا أن هناك "شوك" على طرف كل ورقة من أوراق النبات، وهي أشكال شعرية، بها تجاويف، ولها أطراف مدبَّبة، تجمع الماء وتنقله. تَسمح التجاويف نانوية الحجم، التي يبلغ عرضها حوالي 200 نانومتر، للماء العالق بالهواء الرطب بالتجمُّع في شكل قطرات دقيقة على سطح الشوك، كما تجمع التجاويف الدقيقة الأكبر قطرات مياه أكبر.

أما الأطراف الصغيرة المدبَّبة الموجودة على طول الشوكة مخروطية الشكل، فتُوَفِّر أماكن لتجمُّع قطرات الماء، قبل نقلها إلى أسفل عبر الشوكة، وإلى الورقة.

***Nature Plants* http://dx.doi.org/ 10.1038/nplants.2016.76 (2016)**



TADD TRUSCOTT

العدوى

بكتيريا تكبح جماح الملاريا

تَقِلّ احتمالات نَقْل البعوض الغرب أفريقي المصاب ببكتيريا *Wolbachia* لطفيل *Plasmodium* المسبِّب للملاريا، مقارنةً بالبعوض غير المصاب بالبكتيريا.

إنّ الإصابة ببكتيريا *Wolbachia* كانت مطروحة منذ زمن، كوسيلة للحَدّ من انتشار الأمراض التي تنتقل عبر البعوض، مثل الملاريا. ولدراسة العدوى بتلك البكتيريا في الأوضاع الطبيعية، قامت فلامينيا كاتيروشيا ـ من كلية هارفارد تي إتش تشان للصحة العامة في بوسطن بولاية ماساتشوستس ـ وزملاؤها بجمع ودراسة 221 بعوضة من فصيلة *Anopheles coluzzii* من قرية في بوركينا فاسو؛ فوجدوا أن حوالي نصفهم يحمل سلالة بكتيريا *Wolbachia*، وبعوضة واحدة فقط من هذه (أي أقل من 1%) كانت مصابة أيضًا بطفيل *Plasmodium*؛ بينما وجد أن 10% تقريبًا من المئة وخمس بعوضات الأخرى الخالية من بكتيريا *Wolbachia* تَحمِل طفيل الملاريا.

أشارت النماذج الرياضية التي أُنشئت إلى أنه حتى مع معدلات الإصابة تلك، قد تحدّ البكتيريا من انتشار الملاريا في البشر.

***Nature Commun.* 7, 11772 (2016)**

علم التداوي

أجسام مضادة تهاجم فيروس "HIV"

هناك أجسام بشرية مضادة معدَّلة وراثيًّا، ترتبط بهدفين على فيروس نقص المناعة البشرية، وقد تُستخدم يومًا ما لعلاج المرض والوقاية منه.

تستطيع الأجسام المضادة المعادلة واسعة النطاق محاربة سلالات مختلفة من فيروس نقص المناعة البشرية، إلا أن الفيروس يمكنه التغلب عليها عن طريق تغيير البروتين الفيروسي الذي تتعرف عليه. ولمنع حدوث ذلك، قام فريق بحثي بقيادة جيفري رافيتش ـ من جامعة روكفلر بمدينة نيويورك ـ بتطوير أجسام مضادة للفيروس، يمكنها التعرف على موقعين مختلفين في بروتين الغلاف الذي يزيّنه. وقد نجح أحد هذه الأجسام المضادة ثنائية الخصوصية في خفض مستويات الفيروس في الفئران المصابة به بأكثر من عشرة أضعاف الأجسام المضادة المعادلة واسعة النطاق.

وقام فريق مستقل تحت قيادة ديفيد هو ـ الذي يعمل أيضًا في جامعة روكفلر ـ بإنتاج أجسام مضادة ثنائية الخصوصية، تتعرف على كل من بروتين غلاف فيروس نقص المناعة البشرية، والبروتينات البشرية التي يستخدمها الفيروس لِيُعْدِي الخلايا المناعية. وقد استطاعت الأجسام المضادة الأكثر فعالية حماية الفئران من الإصابة بفيروس نقص المناعة البشرية، وخفض مستويات الفيروس في الحيوانات المصابة.

***Cell* 165, 1609–1620; 1621–1631 (2016)**

STEPHEN DALTON/NATUREPL.COM





فيزياء حيوية

لعاب الحرباء اللزج يمسك بالفرائس

يتيح المخاط اللاصق للحرباء اصطياد الحشرات بألسنتها الطويلة.

فقد قام باسكال دمّان ـ الذي يعمل بجامعة مونس في بلجيكا ـ وزملاؤه بجمع مخاط من وسادات ألسنة نوع من الحرباء، يُسمى *Chamaeleo calyptratus* (في الصورة)؛ ووجدوا أنه أكثر لزوجة من لعاب الإنسان بحوالي 400 مرة. وباستخدام نموذج يصور ضربات لسان الحرباء، قَدَّرَ الفريق أن المخاط يتيح لها اصطياد حشرات يصل حجمها إلى 60% من حجم جسمها ذاته؛ أي أكبر من فرائسها الطبيعية.

وبناء على ذلك.. يقول الباحثون إن حجم الفريسة التي يمكن للحرباء اصطيادها لا يتقيَّد بمدى لزوجة لسانها.

***Nature Phys*. http://dx.doi.org/10.1038/nphys3795 (2016)**

علم الروبوت

العجلات الناعمة تزيد من قوة الروبوتات

ربما تساعد العجلاتُ المصنوعة بالكامل من مواد لَيِّنَة الروبوتات على التدحرج على التضاريس الوعرة، مع تفادي أي تَلَف محتمَل.

فقد قام آرون ماتزيو وزملاؤه ـ بجامعة روتجرز في بيسكاتاواي في نيوجيرسي ـ بصنع عجلة إسفنجية مستوحاة من الحركة البطيئة الخاصة بالمخلوقات ذات الأجسام الناعمة، كديدان الأرض مثلًا؛ بها حلقة قابلة للتمدد، تحتوي على حجيرات داخلية متعددة، بإمكان مجموعات منها أن تنتفخ أو تنكمش في تسلسل حول الدائرة. وتبذل الحجيرات المضغوطة عزم دوران على حلقةٍ ثانية خارجية؛ فتتسبب في دورانها.

سارت مَرْكَبة روبوتية بجسم ناعم مُزَوَّدَةٌ بأربع من هذه العجَلات (**في الصورة**) على سطحٍ مستوٍ، بسرعة 3.7 سنتيمتر في الثانية، واستمرت في السير بعد سقوطها من ارتفاع بلغ ثمانية أضعاف ارتفاع جسمها ذاته. قاد الباحثون الروبوت على أرض صخريّة وتحت الماء؛ وأظهروا أن فكرتهم يمكن تعديلها؛ لتصنيع دوّارات للروافع.

***Adv. Mater*. http://doi.org/f3qjsh (2016)**

WILEY

علم الأحياء التطوّري

الرؤية في الظلام

ربما تكون الخلايا الموجودة في شبكية العين ـ التي تُعطينا القدرة على الرؤية في الظلام ـ قد تطوَّرَت في الأصل من الخلايا التي تستشعر الألوان.

وبشكل عام.. فغالبية الخلايا المستشعرة للضوء في الشبكية لدى الثديات هي خلايا عصوية، تكون حساسة في الضوء المنخفض، برغم أنّ الأسلاف من الفقاريات كانت لديها خلايا مخروطية فقط، تنشط في الضوء الساطع، وتستطيع التمييز بين الألوان. فقد قام كل من تيد أليسون ـ من جامعة ألبرتا في إدمنتون بكندا ـ وأناند سواروب ـ من المعهد الوطني الأمريكي للعيون في بيثيسدا في ميريلاند ـ والعاملين معهما بدراسة خلايا الفأر العصوية والمخروطية، وقاموا برصد هذه الخلايا في الشبكية النامية في الفئران. وجد الفريق أنّه في المراحل الأولى من نمو الخلايا العصوية، عبّرت الخلايا عن جينات رئيسة، عادةً ما تكون نشطة في الخلايا المخروطية الزرقاء "S"؛ بينما لم يحدث ذلك في الخلايا العصوية في سَمَك الحمار الوحشي.

إن تأقلم الخلايا المخروطية مع الإضاءة المنخفضة ربما أتاح

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

للديدان تَبَنِّي نظام حياتي ليلِي أثناء مراحل تطورها.

Dev. Cell **37, 520–532 (2016)**

MIKE DEMBECK

الطاقة

الحرارة المهدَرة تنحصر في الثقوب النانوية

يستطيع غشاء يحتوي على مسامات نانوية الحجم التقاط كميات قليلة من الحرارة لإنتاج الطاقة. وتشكّل المعامل الصناعية مصادر كبيرة للحرارة المهدرة، لكن الفرق الصغير نسبيًّا في درجة الحرارة بين المصدر (الذي عادةً ما يكون أقل من 100 درجة مئوية) ومحيطه يجعل من الصعب استخدامها. ومن ثم، قامميناخيم إليميلخ ـ من جامعة ييل في نيو هافن بولاية كونيتيكت ـ وزملاؤه باستخدام غشاء طارد للماء، يحبس الهواء في المسامات، ويضعه بين مجرى مياه حار، وآخر بارد، مكوِّنًا بذلك فجوة هوائية صغيرة جدًّا بين المَجْرَيَيْن. تتبخر المياه الحارة على أحد جانبي الغشاء، وتمر عبر المسامات، وتتكثّف في المجرى البارد؛ ما ينشأ عنه ضغط هيدروليكي كافٍ لتشغيل محرك توربيني.

وبوجود مصدر حراري لم تتخط حرارته 60 درجة، ينقل الجهاز طاقة ـ قد تصل كثافتها إلى 3.5 واط لكل متر مربع ـ إلى سائل، تبلغ درجة حرارته 20 درجة.

Nature Energy **http://dx.doi.org/10.1038/nenergy.2016.90 (2016)**

بيولوجيا النبات

تأَقْلُم أشجار أفريقية مع ارتفاع الحرارة

يبدو أن هناك أشجارًا في أفريقيا بدأت في التأقلم مع دفء المناخ، من خلال زيادة كفاءة استخدامها للماء.

فقد قام إيان روبرتسون ـ من جامعة سوانسي بالمملكة المتحدة ـ وزملاؤه بجمع عدد صغير من العيِّنات من ثلاثة أنواع من الأشجار التي تنمو في إثيوبيا، وناميبيا، وجنوب أفريقيا، وتغطي مساحة صغيرة من القارة. وبقياس نسبة نظائر الكربون في كل حلقة في جذع الشجرة، وضع أعضاء الفريق تقديرًا لكفاءة استخدام الشجر للماء من عام 1909، حتى عام 2003. وقد وجدوا أنّ نوعين من الأنواع الثلاثة استخدما الماء بكفاءة بمعدل 25% في المتوسط خلال هذه المدة.

إن الاستخدام الاقتصادي للمياه قد يساعد على تعويض الانخفاض المتوقع في معدلات سقوط الأمطار في أفريقيا؛ ما قد يتيح لبعض النباتات التأقلم بشكل أفضل من غيرها على التغير المناخي.

J. Quaternary **Sci. 31, 386–390 (2016)**

علم المناعة العصبية

مراكز المكافأة تقوّي المناعة

إن تنشيط نظام المكافأة في أمخاخ الفئران يقوّي أنظمتها المناعية بشكل مباشر، ما يُقَدِّم تفسيرًا فسيولوجيًّا لأثر العلاج الوهمي.

فقد قام شاي شِن أور، وآسيا رولز وزملاؤهما في الـ"تخنيون"- معهد إسرائيل التكنولوجي في حيفا بتنشيط الخلايا العصبية في "مركز المكافأة" في أمخاخ الفئران. وهذا المركز هو الجزء المسؤول عن معالجة أنشطة معينة، مثل الأكل، وممارسة الجنس. وإثر حقن الفئران ببكتيريا Escherichia coli في اليوم التالي، أظهرت الحيوانات زيادة في الاستجابات المناعية للمُمْرِض ـ ذات المدى القصير والطويل ـ مقارنةً بفئران المجموعة الضابطة، إلا أن هذه الآثار تلاشت عندما قام الباحثون بتعطيل النظم العصبية السمبثاوية أيضًا في الفئران، ما يشير إلى أن هذا النظام يساعد في التفاعلات التي تحدث بين المخ، والنظام المناعيّ.

Nature Med. **http://dx.doi.org/10.1038/nm.4133 (2016)**

علم البيئة

ملاذ الأشجار مِن تغيُّرات المناخ

يمكن للغابات في شمال شرق أمريكا الشمالية (**في الصورة**) أن تزدهر في مناخ أدفأ.

وحتى الآن، لم يتضح كيف ستتفاعل الأشجار مع البيئة الأكثر دفئًا، فانخفاض متوسط درجات الحرارة يعوق نموها، بينما يمكن لدرجات الحرارة الأعلى أن تحدّ من توافر المياه. فقد قام لويك دي أورانجفيل ـ من جامعة كيبيك في مونتريال بكندا ـ وزملاؤه باستخدام بيانات حلقات الأشجار المأخوذة من أكثر من 16 ألف مجموعة من نوع *Picea mariana* عبر كيبيك؛ لتتبع نموها بين عامي 1960، و2004.

ووجد الباحثون أنّ في شمال خط العرض ـ وبالتحديد عند 49 درجة شمالًا ـ كانت لارتفاع درجات الحرارة آثار إيجابية على نمو الأشجار، برغم قلة المياه، إلا أنه دون خط العرض ذلك، لم يعزِّز شيءٌ من نمو الأشجار، سوى زيادة المياه.

وعلى الرغم من أن الغابات الشمالية في وسط وغرب أمريكا الشمالية قد تتأثر سلبيًّا من جرّاء تغيّر المناخ، يرى الباحثون أن المناطق الشمالية الشرقية قد تكون بمثابة ملاذ لبعض الأشجار.

Science **352, 1452–1455 (2016)**

علم بيولوجيا الأورام

خلايا سرطان الدم تختبئ في الأنسجة

تقوم الخلايا الجذعية المسبِّبة للسرطان بتفادي العلاج الكيماوي، من خلال البقاء في رواسب الدهون المحيطة بالغدد التناسلية.

تدعم أنسجة الدهون نمو الخلايا الجذعية الطبيعية المُكَوِّنة لخلايا الدم. فقد وجد كرايج جوردون ـ بجامعة كولورادو دنفر ـ وزملاؤه أنه في نموذج فأري لأحد أشكال سرطان الدم، احتوت رواسب الدهون المحيطة بالغدد التناسلية على عدد كبير من الخلايا الجذعية السرطانية، بينما احتوت الدهون الموجودة تحت الجلد على القليل جدًّا منها. وحَفَّزت خلايا سرطان الدم عملية تكسير دهون الغدد التناسلية، مُطْلِقَةً العناصر الغذائية التي غذَّت نمو الخلايا الخبيثة في الدهون، وفي الأنسجة الأخرى. وقد عَبَّرت الخلايا الجذعية السرطانية عن الواسم الخلوي CD36، الذي يحفز عملية أيض الدهون؛ للمساعدة في حماية الخلايا من العديد من عقاقير العلاج الكيماوي.

ويعتقد الباحثون أن استهداف عملية أيض الدهون قد يساعد في القضاء على خلايا سرطان الدم الجذعية.

Cell Stem Cell **http://doi.org/bkqj (2016)**

علم الفلك

مجرَّة مبكرة تحوي آثارًا لغاز الأكسجين

رَصَدَ فلكيون وجود غاز الأكسجين في مجرَّة عمرها 13 مليار سنة، وهي المرة الأولى التي يُكتشف فيها في مرحلة مبكرة بهذا الشكل من عمر الكون.

فقد قام فريق ـ بقيادة أكيو إنوي من جامعة أوساكا سانجيو في دايتو باليابان ـ باستخدام مرصد مصفوفات أتاكاما المّليمتري/دون المّليمتري الكبير ـ "ألما" ALMA ـ القوي في شيلي؛ لقياس التركيبة الكيميائية للمجرَّة، المكتشَفة في عام 2012، حيث بلغت نسبة الأكسجين عُشْر نسبة توافره في الشمس فقط، وبدا أن المجرَّة تحوي مستويات منخفضة من الغاز المحايد والغبار.

ربما أتاحت مثل هذه الخصائص للأشعة فوق البنفسجية الهروب من نجوم هذه المجرَّة، ومجرات أخرى مماثلة، وتأيين ذرات الهيدروجين في بدايات عمر الكون، ومن ثم توليد مستويات الأيونات التي نراها اليوم.

Science **http://doi.org/bj5z (2016)**

ARABICEDITION.NATURE.COM

يمكنك متابعة التحديث الأسبوعي للأبحاث من خلال التسجيل على:

go.nature.com/hntmqc

ثلاثون يومًا موجز الأخبار

سياسات

لقاح مخفف

اتفق خبراء لجنة اللقاح التابعة لمنظمة الصحة العالمية ـ في السابع عشر من يونيو الماضي ـ على إمكانية استخدام لقاح الحُمَّى الصفراء بفعالية في جرعات مخفَّفة في حال تدهور أوضاع الوباء المتفشي في أفريقيا. وقد تم الإبلاغ عن إصابة 3,137 شخصًا بالوباء، الذي يُعَدّ الأسوأ منذ حوالي ثلاثين عامًا، وتوفي تأثُّرًا به 345 شخصًا في أنجولا، أكثر البلاد تضررًا. ويُذكَر أنّ الجرعة الكاملة للقاح توفِّر حماية مدى الحياة، إلا أن السيطرة على تفشِّي المرض تطلَّبَت تحصين أعداد كبيرة من المواطنين؛ مما تَسَبَّب في نفاد المخزون. كما يُذكَر أنّ استخدام اللقاح بخُمس الجرعة الكاملة سيوفِّر حمايةً من العدوى تمتد إلى 12 شهرًا على الأقل، وهي مدة زمنية كافية في حالات الطوارئ، ستُبْقِي على ما يعادل خمسة أضعاف الكمية المتاحة من اللقاح.

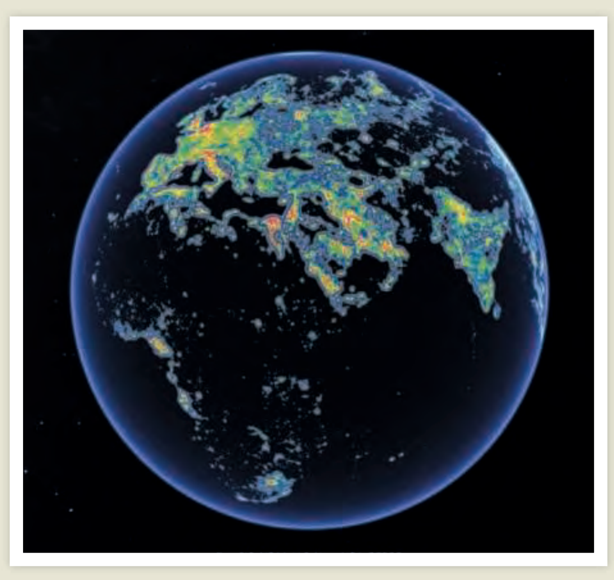
تعديل نظام تأشيرات

اقترحت المفوضية الأوروبية إجراء تعديلات على نظام منح التأشيرات للمهاجرين الحاصلين على تعليم عالٍ؛ لتسهيل الهجرة القانونية للعمالة الماهرة. وقال مفوض الاتحاد الأوروبي لشؤون الهجرة ديميتريس أفراموبولوس ـ في السابع من يونيو الماضي ـ إن نظام البطاقة الزرقاء الجاري العمل به منذ عام 2009 قد فشل في جذب المزيد من الأجانب الموهوبين إلى الاتحاد الأوروبي، بسبب شروط القبول الصارمة، وتعارُض قوانين منح التأشيرات بين دولة وأخرى من دول الاتحاد. ومن شأن نظام تأشيرات مخفَّف يشمل دول الاتحاد الأوروبي أن يوفر تصاريح عمل فورية، وأن يتيح للمهاجرين سرعة الحصول على إقامة طويلة الأجل. هذا.. وستُعْفَى المملكة المتحدة، وأيرلندا، والدنمارك من نظام التأشيرات المقترح.

قرار مبيد الآفات

مَدَّت المفوضية الأوروبية فترة تصريح استخدام مبيد الأعشاب "جليفوسات" glyphosate في الاتحاد الأوروبي إلى ثمانية عشر شهرًا. وجاء القرار ـ الذي اتُّخذ في التاسع والعشرين من يونيو الماضي، وهو معلَّق حتى انتهاء وكالة الكيماويات الأوروبية من عملية تقييم المَخاطر ـ قبل يوم واحد من انتهاء مدة التصريح السابق. وتم اتخاذ القرار، بعد محاولة فاشلة للدول الأعضاء في الاتحاد للاتفاق بالأغلبية الضرورية، إمّا على مدّ تصريح استخدام "جليفوسات" لخمسة عشر عامًا أخرى، وإمّا على حظره. ويخشى المنتقِدون للقرار أن يتسبب هذا المركّب الكيميائي في رفع نِسَب الإصابة بالسرطان، إلا أن العديد من الخبراء يرونه آمِنًا.

ليالٍ أرضية أكثر توهجًا



يَحْرِم وهج الإنارة الصناعية ثلثَ البشر من رؤية نجوم مجرّة درب التبانة. وقد استند "الأطلس العالمي الجديد للإضاءة الليلية الصناعية للسماء" إلى صور حديثة، التقطها القمر الصناعي الوطني المشترك قطبيّ المدار عالي الدقة "سومي" Suomi، ليضع خريطة عالمية للتلوث الضوئي الليلي بأدق تفاصيله. ويبيِّن الأطلس ـ الذي صدر في العاشر من يونيو الماضي ـ أن التلوث الضوئي الليلي (في الصورة) أسوأ ما يكون في إيطاليا وكوريا الجنوبية، وأن أقل البلدان الصناعية تلوثًا هي كندا وأستراليا (F. Falchi *et al*. *Sci*. *Adv*. **2,** e1600377; 2016). ويتوقع الباحثون ـ بناء على حساباتهم ـ أن التحول الجاري حاليًّا من مصابيح الصوديوم ذات الضغط العالي إلى مصابيح "ليد" LED البيضاء قد يؤدي إلى مضاعفة الإضاءة الليلية غير المرغوب فيها.

خطة للطاقة النظيفة

تَعَهَّد قادة الولايات المتحدة، وكندا، والمكسيك ـ في اجتماع عُقِد في أوتاوا في يونيو الماضي ـ بأن تتحصل أمريكا الشمالية على نصف إمداداتها من الكهرباء من المصادر المتجددة، وبدون استخدام الوقود الأحفوري بحلول عام 2025. وفي بيان صدر عنهم في التاسع والعشرين من يونيو الماضي، حول تأسيس مشارَكة أمريكية شمالية بشأن المناخ والطاقة النظيفة والبيئة، اتفق كلٌّ من رئيس الوزراء الكندي جاستن ترودو، والرئيس الأمريكي باراك أوباما، والرئيس المكسيكي إنريكي بينا نييتو على تقليل انبعاثات غاز الميثان، وتحسين كفاءة الطاقة، وتطوير تقنيات احتجاز الكربون وتخزينه في بلدانهم.

حظر الصيد بالشِّبَاك

توصلت دول الاتحاد الأوروبي إلى تسوية؛ لتقييد صيد السمك باستخدام الشِّبَاك في أعماق البحار، وذلك في المياه التابعة لدول الاتحاد الأوروبي فقط، مُنْهِيَةً بذلك صراعًا طويلا بين منظمات غير حكومية، وباحثين، وسياسيين، ومشتغِلين بصناعة صيد السمك. ففي الثلاثين من يونيو الماضي، أعلن وزراء وأعضاء في البرلمان الأوروبي عن حظر جميع أعمال الصيد باستخدام الشِّبَاك في أعماق تزيد على 800 متر، على أن يتم السماح بصيد السمك الذي يعيش فوق العمق المذكور، في الأماكن التي جرت بها أعمال الصيد تلك بين عامي 2009، و2011. ولطالما نادت مجموعات الحفاظ على البيئة ـ ومنها "بلوم" BLOOM في باريس، إلى جانب بعض العلماء ـ بضرورة حظر الصيد في أعماق البحار باستخدام الشِّبَاك، بسبب آثاره المدمِّرة للنظم البحرية الحساسة، التي يتطلب تعافيها عدة سنوات، إذا كان تعافيها ممكنًا.

FURGONI *ET AL*./PREPARED BY FABIO FALCHI

جوائز

شجاعة التفكير

في التاسع من يونيو الماضي، تم تكريم الطلبة والأساتذة الجامعيين المصريين المحتجَزين دون وجه حق في بلادهم، ومُنحوا "جائزة شجاعة التفكير" التي تقدِّمها مجموعة "علماء في خطر" الحقوقية المُدَافِعة عن حرية الأكاديميين. أشارت المجموعة إلى "القمع الشديد" الممارَس ضد مجتمع التعليم العالي في مصر في الآونة الأخيرة، وما تضمَّنه من "استخدام للعنف ضد طلبة وأكاديميين في أنحاء البلاد، وتعريضهم لمحاكمات باطلة، واعتقالات، وعقوبات تأديبية، ومَنْعهم من السفر". ووفقًا لبيانات جَمَعَتْها مؤسسة حرية الفكر والتعبير المصرية المعنيَّة بحقوق الإنسان، فإن القوات الأمنية اعتقلت أكثر من ألفي طالب وأستاذ جامعي منذ يوليو 2013.

أبحاث

تسمية عناصر جديدة

سُميت ثلاثة عناصر جديدة أضيفت مؤخرًا إلى الجدول الدوري بأسماء "نيهونيوم" nihonium، و"موسكوفيوم" moscovium، و"تينيسين" tennessine، تَيَمُّنًا باليابان، وموسكو، وولاية تينيسي

الأمريكية، وهي الأماكن التي حضَّر فيها العلماء هذه العناصر للمرة الأولى. كما سُمي عنصر رابع أضيف لاحقًا باسم "أوجانيسون" oganesson، تَيَمُّنًا بالعالِم الروسي يوري أوجانيسيان، البالغ من العمر ثلاثة وثمانين عامًا، تكريمًا لإسهامه في اكتشاف العنصر، لتكون تلك هي المرة الثانية التي يُسَمَّى فيها عنصر كيميائي باسم عالِم على قيد الحياة. وفي الثامن من يونيو الماضي، اقترح الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية الأسماء والرموز لتلك العناصر الأربعة ذات الأعداد الذَّرِّيَّة 113، و115، و117، و118، وهي عناصر اصطناعية قصيرة العمر، ولا توجد في الطبيعة. وللاطلاع على المزيد.. انظر: go.nature.com/1vowh.

قرار نهائي حاسم

أوقفت كليات الطب في الولايات المتحدة وكندا استخدام الحيوانات الحية في التدريس للطلبة. وكانت كلية الطب بجامعة تينيسي في تشاتانوجا هي الكلية الأخيرة في الولايات المتحدة التي ظلت تستخدم الحيوانات لهذا الغرض. وفي السادس والعشرين من يونيو الماضي، أبلغت الجامعة "لجنة أطباء من أجل طب مسؤول" PCRM بأنها سوف تنهي تلك الممارسة. ووفقًا لما ذكرته اللجنة، فإن كليات الطب ترى أن نماذج محاكاة الجسم البشري توفِّر بديلًا تعليميًّا أفضل.

الخلايا الجذعية تتراجع

أوقفت شركة مستحضرات الطب الحيوي "ستيم سيلز" في نيوارك بولاية كاليفورنيا المرحلة الثانية لتجربة إكلينيكية تهدف إلى اختبار قدرة الخلايا المأخوذة من أمخاخ الأجنة على إصلاح تلف النخاع الشوكي، وزيادة قوة العضلات في حالات شلل الأطراف. وحتى الآن، لم يُظْهِر الفحص المرحلي لسبعة عشر شخصًا عُولجوا بهذه الطريقة تقدُّمًا ملموسًا، بالرغم من النتائج الإيجابية التي تحققت في التجارب على الفئران المصابة بتلف النخاع الشوكي؛ مما دفع الشركة إلى التخطيط لإنهاء عملياتها. جدير بالذكر أن تجارب أخرى حول الاستعانة بالخلايا الجذعية لعلاج إصابات النخاع الشوكي ما زالت مستمرة.

تجربة «كريسبر» بشرية

في الواحد والعشرين من يونيو الماضي، اجتاز أول علاج بشري قائم على تقنية التحرير الجيني "كريسبر-كاس9" CRISPR–Cas9 عقبة رئيسة، بعد موافقة لجنة فيدرالية استشارية بمعاهد الصحة الوطنية الأمريكية على طلب لاستخدام التقنية في تحرير الخلايا التائية "T cells"، وهي نوع من الخلايا المناعية المأخوذة من مرضى السرطان. وستعمل التجربة ـ التي ستجريها جامعة بنسلفانيا في فيلادلفيا ـ على تحسين قدرة الخلايا التائية على تدمير الخلايا السرطانية، وعلى حمايتها من التعرض للهجوم السرطاني. ولا يتبقى سوى موافقة المشرِّعين الأمريكيين على إجراء التجربة. وللاطلاع على المزيد.. انظر: go.nature.com/28qkj6m.

حريق فضائي

أَشْعَلَ علماءُ "ناسا" أكبر نار متعمَّدة على الإطلاق في الفضاء في الرابع عشر من يونيو الماضي، حيث استخدم المهندسون ـ عن طريق التحكم عن بُعْد ـ سلكًا ساخنًا؛ لإضرام النار في نسيج من القطن والألياف الزجاجية، طوله متر واحد، وعرضه 0,4 أمتار. كان النسيج موضوعًا داخل مركبة الشحن الفضائية غير المأهولة "سيجنس" ـ التابعة لشركة "أوربيتال إيه تي كيه" Orbital ATK ـ التي كانت قد غادرت محطة الفضاء الدولية للتَّوّ. وراقبت المعداتُ الموضوعة حول النسيج النيرانَ التي ظلت مشتعلة لحوالي ثماني دقائق، وأرسلت بياناتها إلى الأرض. وتُعَدّ تجربة الحريق الفضائي المسماة "سافاير" Saffire أول اختبار من ثلاثة اختبارات مصمَّمة لفَهْم كيفية انتشار النيران في ظل انعدام الجاذبية، مستهدِفةً في النهاية تحسين حماية روّاد الفضاء من الحرائق.

القهوة والسرطان

في الخامس عشر من يونيو الماضي، صرَّحت الوكالة الدولية لأبحاث السرطان ـ التابعة لمنظمة الصحة العالمية ـ في مدينة ليون بفرنسا بأنه من المستبعَد أن تسبِّب القهوة مرض السرطان، على عكس ما أعلنته في وقت سابق. ففي عام 1991، وصفت الوكالةُ القهوةَ بأنها "يمكن أن تسبب السرطان للبشر"، إلا أن التصريحات الأخيرة التي استندت إلى مراجعة لما يزيد على ألف دراسة، أشارت إلى انتفاء العلاقة بين القهوة والسرطان. ومع ذلك.. فإن المشروبات الساخنة التي تتعرض أثناء تحضيرها لدرجات حرارة أعلى (أكثر من 65 درجة مئوية)، مثل الشاي شديد السخونة، توصف بأنها "قد تكون مسرطِنة"، استنادًا إلى أدلّة وبائية، ربطت بين هذه المشروبات، وبين سرطان المريء. (D. Loomis *et al. Lancet Oncol*. http://doi.org/bj6x; 2016).



CHRIS SMITH/POPPERFOTO/GETTY

شخصيات

تحية إلى محمد علي

أعرب الملايين من المعجبين ـ ومنهم الرئيس الأمريكي باراك أوباما ـ عن بالغ حزنهم لوفاة محمد علي (**في الصورة**) الملاكم الأسطوري، والناشط السياسي، وداعم أبحاث مرض باركنسون في سنواته الأخيرة. توفي محمد علي ـ الحاصل على بطولة العالم للوزن الثقيل ثلاث مرات ـ في الثالث من يونيو الماضي، عن عمر ناهز أربعة وسبعين عامًا، بعد معاناة دامت أكثر من ثلاثة عقود مع مرض اضمحلال خلايا الدماغ. ويُذكر أنّ في عام 1997، أسهَم محمد علي في تأسيس "مركز محمد علي لمرض باركنسون"، وهو مركز معنيّ بأبحاث وعلاج المرض، يقع في فينيكس بولاية أريزونا.

جَرّاح يواجه تهمة قَتْل

في الثاني والعشرين من يونيو الماضي، أعلن مُدَّعُون عامّون في استوكهولم عن أن الجَرّاح المثير للجدل باولو ماكياريني ـ الذي ابتكر زَرْعَات لقصبات هوائية اصطناعية مستزرَعة من الخلايا الجذعية الخاصة بالمريض ـ يواجه تُهَمًا أوّلية بالقتل غير العمد، بحق اثنين من المرضى، توفِّيا عقب الجراحة. كما قالوا إن ماكياريني يواجه أيضًا تُهَمًا بإلحاق أذى جسدي بالغ بمريض آخَر، أُجريت له جراحة الزرع، ومريض أُجريت له عملية جراحية أخرى مختلفة. وجدير بالذكر أن ماكياريني فُصل في مارس الماضي من معهد كارولينسكا في استوكهولم ـ بعد أن ظل يعمل به منذ عام 2010 ـ بسبب اتهامات له بسوء السلوك الطبي والعلمي. ولم يتم بعد توجيه تُهَم رسمية ضد ماكياريني، الذي ينكر قيامه بأي عمل خاطئ.

مراقبة الاتجاهات

ارتفع عالميًّا إنتاج الطاقة المولَّدة من المصادر المتجددة ـ باستثناء الطاقة الكهرومائية ـ إلى 785 جيجاوات بنهاية عام 2015، بعد زيادة قياسية قدرها 120 جيجاوات خلال العام. وتحتل الصين المركز الأول بين دول العالم بلا منازع، حيث تنتج أكثر من 25% من الطاقة العالمية المولَّدة من مصادر متجددة غير مائية، وتأتي بعدها الولايات المتحدة وألمانيا، بينما تتفوق ألمانيا على الصين والولايات المتحدة في نصيب الفرد من تلك الطاقة. ومع احتساب الطاقة الكهرومائية، تسهم مصادر الطاقة المتجددة بما نسبته 24% من إجمالي إنتاج الطاقة العالمي.

صعود الطاقة المتجددة

تهيمن كل من طاقة الرياح وطاقة الألواح الضوئية على قطاع الطاقة المتجددة سريع النمو.

الصين
الولايات المتحدة
ألمانيا
اليابان
الهند
إيطاليا
إسبانيا

طاقة الرياح
الطاقة الشمسية المركزة
طاقة الألواح الضوئية
الطاقة الحرارية الأرضية
الطاقة الحيوية

0 50 100 150 200
جيجاوات

SOURCE: REN21

أخبـــار في دائرة الضـوء



NEIL HALL/REUTERS

ألقى تصويتُ المملكة المتحدة على الخروج من الاتحاد الأوروبي بظلال كثيفة من الشكوك في أرجاء القارة.

سياسة

المصير المجهول لعلماء بريطانيا، بعد صدمة استفتاء «الخروج»

الباحثون يضغطون من أجل البحث العلمي، بينما تتهيأ بريطانيا للانفصال عن الاتحاد الأوروبي.

أليسون أبوت، ودانْيل كريسي، وريتشارد فان نوردن

بينما لم تهدأ بعد العاصفة التي خلّفها تصويت المملكة المتحدة في الشهر الماضي على الخروج من الاتحاد الأوروبي، إلا أن الباحثين في بريطانيا بدأوا بالفعل الاستعداد لعواقب هذه النتيجة.

ففي 23 يونيو، صوَّت 52% من المشاركين في استفتاء المملكة المتحدة للخروج من الاتحاد الأوروبي. ولا أحد يعلم على وجه اليقين تأثير هذا «الخروج» على البحث العلمي، ولكنّ كثيرًا من الباحثين يخشون من حدوث ضرر طويل الأمد.

وبخلاف الآثار الاقتصادية العاجلة، واحتمال فَقْد تمويل الاتحاد الأوروبي ـ الذي يوفر حوالي 16% من المال الذي تحتاجه الأبحاث العلمية الجامعية في المملكة المتحدة ـ يخشى العلماء من فقدان حرية الانتقال والحركة بين المملكة المتحدة وباقي القارة.

«شاركتُ أمس في ندوة مهنية تتغنى بمزايا المملكة المتحدة كمكان رائع حافل بالفرص للعلماء والباحثين الشباب، لكنني أشعر بأن ذلك قد تغيَّر بين ليلة وضحاها»، كان هذا هو رأي فانيسا سانشو – شيميزو، ◄

◀ باحثة إسبانية متخصصة في الأمراض المعدية في إمبيريال كوليدج لندن، ردَّت به على استطلاع دورية *Nature* الدولية، وهو الرأي نفسه الذي عبَّر عنه عدد كبير من العلماء.

وبدأ باحثون بالفعل في تعبئة الجهود؛ للضغط من أجل استمرار مشاركة المملكة المتحدة في برامج العلوم الأوروبية، وتعويض أي نقص في التمويل من الميزانية الداخلية. وكما يقول مايك جولزويرذي، الذي يقود حملة 'علماء من أجل الاتحاد الأوروبي': «نحتاج إلى مراقبة سريعة؛ لرصد عواقب الخروج مبكرًا، واتخاذ تدابير إصلاحية».

ويقول جون ومزلي، الرئيس التنفيذي لمجلس مرافق العلوم والتكنولوجيا في المملكة المتحدة: «إذا أراد العلماء التأثير على استراتيجية المملكة المتحدة في التفاوض، عليهم تحديد أولوياتهم بوضوح، والشروع في الدفاع عن هذه الأولويات بقوة»، مضيفًا أن الحصول على ضمانات بالبقاء ضمن برنامج «هورايزون 2020» الأوروبي للمِنَح البحثية ـ الذي تبلغ ميزانيته 74.8 مليار يورو (82.9 مليار دولار) ـ ينبغي أن يكون الهدف الأول ـ والوحيد ـ للعلماء في بريطانيا.

وحرص جامي مارتن ـ استشاري التعليم المستقل، الذي كان أحد مؤيدي خروج بريطانيا من الاتحاد الأوروبي ـ على طمأنة العلماء القلقين. وكان أغلب الأكاديميين يحشدون جهودهم؛ من أجل الضغط لبقاء المملكة المتحدة في الاتحاد الأوروبي. ويقول مارتن إن «الخبر السار الآن أن أشَدّ مؤيدي الخروج من الاتحاد الأوروبي يتفقون مع العلماء فيما يتعلق بالبحث العلمي». ويتضمن ذلك، على حد قوله، الانفتاح على الباحثين المتميزين من الدول الأخرى، وفهْم أهمية التمويل المستمر.

العنصر البشري

ما زال وقت خروج المملكة المتحدة من الاتحاد الأوروبي أمرًا غير معلوم، فليس هناك موعد محدد لكي تنفذ الحكومة البريطانية «المادة 50» من معاهدة لشبونة للاتحاد الأوروبي، ولكنها فور البدء في ذلك ستُطْلِق سلسلة من المفاوضات، يجب أن تكتمل خلال عامين. وقال العديد من المدافِعين والمؤيدين للخروج من الاتحاد الأوروبي إنه لا يوجد أي داع للبدء في ذلك على الفور، ومن الممكن البدء أولًا في المفاوضات غير الرسمية مع بقية دول الاتحاد الأوروبي.

ويرى المؤيدون لخروج بريطانيا من الاتحاد الأوروبي أن المملكة المتحدة بإمكانها السماح باستقطاب الباحثين المهرة والمدرّبين، مع تخفيض إجمالي أعداد المهاجرين. وطالب أنصار حملة «الخروج» بنظام الهجرة المعتمِد على النقاط، على غرار أستراليا؛ الأمر الذي سيوفر فرصًا متكافئة أمام الباحثين كافة، سواء من الاتحاد الأوروبي، أم من غيره.

وليس واضحًا ما إذا كانت المملكة المتحدة ستستمر كوجهة جاذبة للباحثين المتميزين، أم لا. يقول البعض إنهم يشعرون بأن وجودهم غير مرحَّب به في البلد، بسبب التصويت، والحملة السابقة له، الأمر الذي تجلَّى في الخطاب المشحون حول الهجرة.

المال

حتى المختبرات التي يعمل بها باحثون بريطانيون فقط قد تشعر بوطأة نتائج التصويت. فخلال العقد الماضي، ضخَّت صناديق التمويل البحثي الأوروبية نحو 8 مليارات يورو في المملكة المتحدة، التي تلقّت جامعاتها ومؤسساتها البحثية النصيب الأكبر من القروض والمِنَح الأوروبية من بنك الاستثمار الأوروبي، إذ بلغ إجمالي ما حصلت عليه منذ عام 2005 أكثر من 2.8 مليار جنيه استرليني، وهو ما يعادل 28% من إجمالي قروض البنك للتعليم العالي والبحوث خلال هذه الفترة. ويقول ريتشارد ويليس، المتحدث الرسمي باسم بنك الاستثمار الأوروبي، إنه لا تراجع عن القروض المتفق عليها، لكن الغموض يكتنف مصير القروض التي لم يُبَتّ في أمرها بعد.

> **«المستقبَل البعيد يثير قلقي إلى أقصى درجة».**

وقد تعهَّد أبرز أنصار ومؤيدي «الخروج» قبل التصويت «باستمرار تلقِّي الجامعات والعلماء» في المملكة المتحدة لمبالغ التمويل من الاتحاد الأوروبي، دون أدنى تغيير.

ومن الممكن أن تتفاوض بريطانيا على شروط مماثلة للاتفاقيات التي تربط 15 دولة أوروبية من غير الأعضاء في الاتحاد الأوروبي ببرنامج هورايزون 2020، ولكن ذلك لن يكون ممكنًا، إذا قررت المملكة المتحدة تقييد حرية حركة الأفراد، مثلما طالَب عديد من مؤيدي «الخروج من الاتحاد الأوروبي». فسويسرا هي إحدى الدول المنتسِبة إلى برنامج هورايزون 2020، لكن باحثيها تعرضوا للاستبعاد من الاستفادة الكاملة من مزايا البرنامج، بعد التصويت في استفتاء 2014 على تقييد الهجرة.

يقول ستيفين كاولي، الذي يدير «مركز كولهام للطاقة الانصهارية» في أبينجدن بالمملكة المتحدة: «المستقبل البعيد يثير قلقي إلى أقصى درجة». يدير المركز منشأة «توروس الأوروبية المشتركة» للانصهار النووي، بالإنابة عن المفوضية الأوروبية. وينتهي عقد إدارة منشأة «توروس الأوروبية المشتركة» في عام 2018، ولكن كاولي يبدي ثقته في تمديده، لأنه يقدِّم خبرة مهمة وأساسية لمشروع «المفاعل التجريبي النووي الحراري الدولي» (المعروف اختصارًا باسم ITER)، وهو مشروع دولي ضخم لتجربة الانصهار، يجري إنشاؤه في جنوب فرنسا. المشكلة الجوهرية ـ على حد قوله ـ تتمثل في أن المملكة المتحدة لن تستطيع المنافسة لاستضافة أي منشأة أوروبية ضخمة في المستقبل.

وفيما يتعلق بمشروع «ITER» نفسه، فإن الاتحاد الأوروبي هو من بين سبع جهات دولية كبرى مشارِكة في المشروع. وسيكون على المملكة المتحدة أن تعيد الانضمام، إمّا كدولة قائمة بذاتها، على غرار عضويتها في المنظمة الأوروبية للأبحاث النووية التي أنشأت المختبر الأوروبي لفيزياء الجسيمات، أو كعضو بنظام الانتساب، على غرار سويسرا.



GAVIN BLACK PHOTOGRAPHY

مايك جولزويرذي يريد مراقبة دقيقة للبحث العلمي في المملكة المتحدة؛ لرصد أي آثار سلبية بسبب نتائج الاستفتاء.

السياسات

قد يعيد خروج المملكة المتحدة من الاتحاد الأوروبي رسم ملامح السياسات في الدول الباقية فيه.

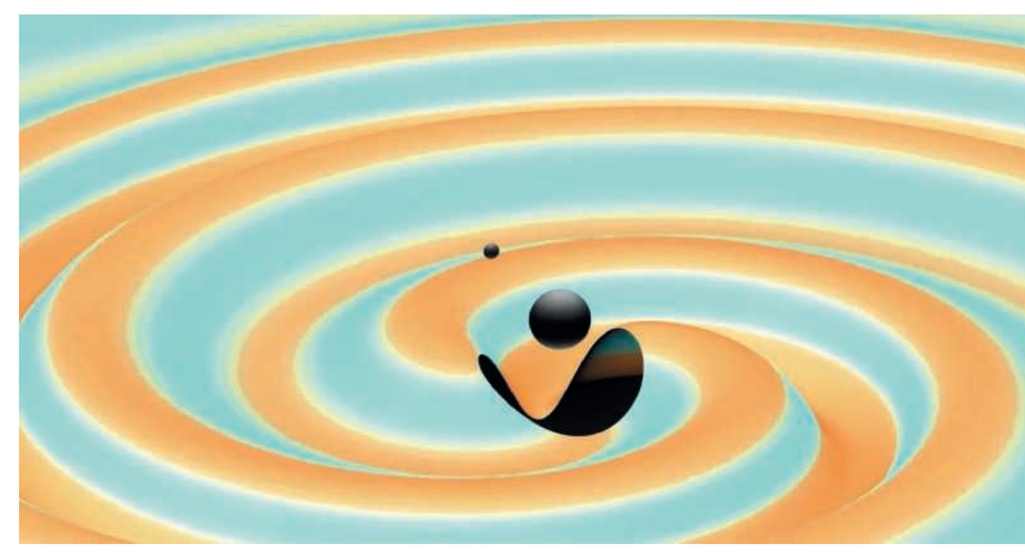
لقد كانت ألمانيا، وإيطاليا، والنمسا من الدول التي عارضت تمويل الاتحاد الأوروبي لأبحاث الخلايا الجذعية البشرية. وطالبت دول أخرى ـ ومنها المملكة المتحدة، والسويد ـ بتمويل الأبحاث تحت إشراف أخلاقي ملائم؛ ليسفر الأمر في النهاية عن اتفاق يمكن بمقتضاه تمويل فِرَق التعاون البحثي، طالما أن الشركاء من الدول التي تحظر الأبحاث لا يتعاملون مع الخلايا الجذعية البشرية بأنفسهم. وحسب كريستين موميري، الباحثة في الخلايا الجذعية في مركز جامعة ليدن الطبي في هولندا، كانت المملكة المتحدة في «طليعة الدول التي أرشدتنا للوصول إلى طريقة مقبولة وعملية للتغلب على المشكلات التي واجهتنا. وكَوْن المملكة المتحدة لا تستطيع المشاركة في قرارات مثل هذه يشعرني بالعصبية».

يخشى العلماء الأوروبيون الآخرون على مستقبَل القواعد العلمية في دولهم، لو أدَّت نتائج التصويت في المملكة المتحدة إلى تعزيز الحركات الأخرى المناهِضة للاتحاد الأوروبي. فالسياسيون اليمينيون الذين يحظون بشعبية في فرنسا، وهولندا، والدنمارك بدأوا بالفعل ينادون بإجراء استفتاءاتهم الخاصة على الخروج من الاتحاد الأوروبي.

يقول جيمز ويلزدون ـ الباحث في سياسات العلوم في جامعة شيفليد بالمملكة المتحدة ـ إن هناك مشكلة أكثر خطورة، يجب على الباحثين البريطانيين التعامل معها، بخلاف قضايا استمرار الحصول على تمويل الاتحاد الأوروبي والاستفادة من سياساتها، ألا وهي حقيقة أن أغلب الخبراء الأكاديميين، وجماعات الضغط من الباحثين وغيرهم من الخبراء طالبوا بالبقاء في الاتحاد الأوروبي، لكن الشعب تجاهلهم. ويستطرد قائلًا: «نحن إزاء قضية كبرى، تَوَفَّر حولها سَيْل من التحليلات الراسخة والأدلة التجريبية، لكن الشعب رفضها بنسبة 52%. وهذا الأمر جدير بالدراسة الجادة، والتأمل، والبحث في الذات». ■

أسهَم في التقرير **ديفيد كاستيلفيتشي، وإليزابيث جيبني.**

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



محاكاة حاسوبية لعملية دمج الثقوب السوداء، رُصدت في يوم 26 من شهر ديسمبر في عام 2015.

فيزياء

مرصد «ليجو» يرصد ارتطام ثقبين أسودين للمرة الثانية

الرصد الأول لموجات الجاذبية لم يكن مجرد صدفة.

ديفيديه كاستيلفيكي

قبل أن تدق الساعة الرابعة صباحًا في يوم 26 ديسمبر، استيقظ بي. إس. ساثيابراكاش على أخبار جيدة.. فقد تمّ رصد موجات جاذبية (gravitational waves) للمرة الثانية في التاريخ.

كان ساثيابراكاش ـ عالِم الفيزياء النظرية في جامعة كارديف بالمملكة المتحدة ـ يضع حاسوبه المحمول بجانب السرير، ضابطًا إياه لتنبيهه عند تلقِّيه أي إشعارات آلية تأتيه على البريد الإلكتروني من أجهزة الحاسوب في مرصد قياس تداخل موجات الجاذبية بالليزر «ليجو» LIGO المطور.

يقول: «قمتُ وذهبتُ إلى الحاسوب. أمعنتُ النظر فيه، فوجدت أنه قد حدث شيء ما قبل دقيقتين فقط». في الساعة 3:38:53 تمامًا بالتوقيت العالمي المنسق (UTC)، استطاع كاشِفَا المرصد المتشابهان في ولايتي لويزيانا وواشنطن من التقاط إشارة مميزة لتموجات، سَبَبها جسمان هائلان ـ في الغالب ثقبان أسودان ـ في اللحظات النهائية من تحركهما الحلزوني نحو بعضهما البعض.

في ذلك الوقت، كان أعضاء فريق التعاون الدولي الخاص بمرصد «ليجو»، وزملاؤهم في مرصد «فيرجو» VIRGO الأوروبي ـ الواقع قرب مدينة بيزا في إيطاليا ـ مشغولين بتحليل أول رصد لمرصد «ليجو»، الذي حدث في يوم 14 من شهر سبتمبر، وأُعلن عنه العلماء في شهر فبراير، مثيرين ضجة عالمية كبيرة. ولم يقم العلماء بعمل تحليل كامل للحدث الثاني، إلا بعد مرور عدة أسابيع، كما يقول بروس ألين، وهو فيزيائي في مرصد «ليجو»، ويشغل منصب المدير الإداري لمعهد ماكس بلانك لفيزياء الجاذبية في هانوفر بألمانيا.

«كان من المذهل حقًّا أنه في غضون بضعة أشهر من الحدث الأول، ظهر لنا حدث ثان»، كما يقول ساثيابراكاش.

النجاح الثاني

تبيَّن عملية الرصد الثانية أن «كل ذلك العمل لم يكن مجرد صدفة»، كما يقول كليفورد ويل، وهو عالِم في الفيزياء النظرية في جامعة فلوريدا في جينسفيل؛ وليس عضوًا في أي من فريقي «ليجو»، أو «فيرجو». من حيث المبدأ، كان يمكن لاكتشاف شهر سبتمبر أن يُنظَر إليه باعتباره ضربة حظ كبيرة، لكن الحدث الثاني يوحي أن هناك عددًا كبيرًا من أزواج الثقوب السوداء، التي من شأنها أن تُحدِث اندماجات كثيرة. يقول ويل ـ الذي يدرس موجات الجاذبية وغيرها من تنبؤات نظرية النسبية العامة لألبرت أينشتاين ـ إنه يمكن للمرصدين أن يتوقعا ظهور اكتشافات جديدة على نحو منتظم في المستقبل.. «سيشكل ذلك نوعًا جديدًا من علم الفلك».

كان أينشتاين قد توقَّع أن أي أجسام متسارعة أو دوّارة ينبغي أن ينتج عنها تموجات في نسيج الفضاء؛ تشبه بشكل ما الموجات الصوتية، لكنها تتحرك بسرعة الضوء، وقد تنتشر في الفراغ.

وأكّد تحليل مفصَّل لما رُصد في الحدث الثاني أن الإشارة هي لتموجات ناتجة عن زوج من الثقوب السوداء (انظر الفيديو على go.nature.com/28lwdkf)، لكن في هذه المرة، استمرت إشارة موجات الجاذبية لمدة ثانية كاملة، بدلًا من خُمس الثانية، كما حدث في المرة الأولى؛ ويشمل الحدث الثاني آخر 27 مدارًا للجسمين حول بعضهما البعض، مقارنة بحوالي 5 فقط في الحدث الأول. وقد مكَّن ذلك الباحثين من اختبار نظرية النسبية العامة للمرة الثانية، بدقة بلغت ضعفي دقة اختبارهم لها في الحدث الأول.

وكان ذلك صحيحًا فعلًا، برغم أن الحدث الأول كان صداه أعلى من الثاني؛ إذ بلغ وزن الثقبين الأسودين في الحدث الأول حوالي 36، و29 مرة ضعف كتلة الشمس، على التوالي، في حين كان الثقبان الأسودان في المرة الثانية نسبيًّا أخف وزنًا، إذ بلغا 14، و8 كتل شمسية، وكانا يشعّان ثلث الطاقة فقط. وفي كلتا الحالتين، ربما كانت الثقوب تدور حول بعضها لملايين أو مليارات السنين، لكن مرصد «ليجو» التقط اللحظات النهائية فقط، عندما وقعت ترددات مداراتهم وموجات الجاذبية التي تصدرها ضمن حدود حساسية المرصد.

هدية في الوقت المناسب

يقدِّر علماء مرصدي «ليجو»، و«فيرجو» أن التصادمين وقعا على بعد أكثر من 400 مليون فرسخ نجمي (أي ما يعادل 1.3 مليار سنة ضوئية) من الأرض، برغم عدم إمكانية قياس المسافات بدقة. وقام العلماء بعرض أحدث النتائج التي توصلوا إليها، وذلك في اجتماع للجمعية الفلكية الأمريكية في سان دييجو بكاليفورنيا في يوم 15 من شهر يونيو، ونشروها في دورية «فيزيكال ريفيو ليترز» Physical Review Letters (B. P. Abbott *et al*. *Phys*. *Rev*. *Lett*. **116**, 241103; 2016).

وقد كان الاكتشاف الأخير مثيرًا بشكل خاص للفيزيائي تشاد حنا، وهو أحد المتعاونين في فريق مرصد «ليجو» من جامعة ولاية بنسلفانيا في يونيفرسيتي بارك. وعندما وصله التنبيه عبر رسالة نصية، كان مع أسرته في الولايات المتحدة، وكان يوم عيد الميلاد. وحيث إن التعاون يتطلب من الأعضاء الحفاظ على السرية التامة للبيانات، قفز حنا من كرسيه على الفور، وأخذ حاسوبه المحمول، وصعد به إلى غرفة خاوية في الطابق العلوي. في البداية، كان متشككًا.. يقول: «لم أكن أتخيل أن الكون بهذا الظُّرف، ليرسل لنا حدثًا حقيقيًّا في يوم عيد الميلاد».

وسرعان ما أدرك أن الإشارة حقيقية، برغم أنها كانت ضعيفة نسبيًّا. وكان ذلك اختبارًا مهمًّا أيضًا للبرنامج الذي ينتقي البيانات من المرصدين في الوقت الآني، والذي ساعد هو في تصميمه، إذ يمكن للنظام التقاط الأحداث، حتى لو كانت مختبئة وسط ضجيج الإشارات، ولم يسفر ذلك كثيرًا عن نتائج إيجابية كاذبة.

إعادة ضبط

في نهاية المطاف، سوف تصل التنبيهات الآلية الآتية من مرصد «ليجو» إلى العشرات من فِرَق علماء الفلك أيضًا. ومن ثم، سيعيد الباحثون ضبط وضع تليسكوباتهم، أملًا في الكشف عن ضوء مرئي، أو موجات كهرومغناطيسية أخرى، تنشأ من الأحداث نفسها التي تنتج موجات الجاذبية.

وبعد الأشهر الأربعة الأولى من تشغيله، بين شهر سبتمبر عام 2015، وشهر يناير عام 2016، تم تعطيل مرصد «ليجو» المطور، الذي بلغت تكلفته 620 مليون دولار أمريكي، من أجل تحديثه. ومن المقرر أن يعاد التشغيل في شهر سبتمبر القادم، إلى جانب نسخة مطورة أيضًا من مرصد «فيرجو».

إن النتائج التي نُشرت في شهر يونيو الماضي من شأنها أن تكمل عملية البحث عن اندماجات الثقوب السوداء مع دورة التشغيل القادمة في فصل الخريف، إلا أن فريق التعاون لا يزال يبحث في البيانات الخاصة به عن أنواع أخرى من الأحداث، وربما يعلن عن مزيد من الاكتشافات، حتى قبل بدء التشغيل. وعلى وجه الخصوص، يتطلع المشروع الدولي «Einstein@Home» إلى إشارات جديدة، بمساعدة أجهزة حاسوب خاصة بمتطوعين من جميع أنحاء العالم. ■

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

الطب الحيوي

لجنة خبراء تَدرِس «الاستخدام الرحيم للأدوية غير المعتمَدة»

ضغوط مواقع التواصل الاجتماعي تدفع شركات إلى البحث عن طريقة منصِفة لتوزيع علاجات تمثل الأمل الأخير للمرضى.

سارة ريردون

أرادت نانسي جودمان أن تقضي أطول وقت ممكن مع ابنها وهو في النزع الأخير، ولكن حتى مع تفشّي الورم السرطاني في مخ جاكوب، الذي كان في العاشرة من عمره، وتدهور حالته، قضت جودمان شهورًا وهي تتصل بشركات الأدوية التي كانت بصدد تطوير عقاقير، مِن المحتمَل أن تساعد في علاجه.

إن قوانين «الاستخدام الرحيم للأدوية غير المعتمَدة» في الولايات المتحدة تجيز لشركات الأدوية أن تتيح عقاقير غير المصرَّح بها للمرضى الذين يكونون في حاجة ماسة إليها، ولكن شركات كثيرة تتيح القليل من المعلومات، أو لا توفِّر معلومات من الأساس عن كيفية طلب هذه العلاجات. وفي الغالب تتردد هذه الشركات في توفير الأدوية، استجابةً لمثل هذه الدعوات، ولا سيما إذا كان مخزون العقار محدودًا لديها، على الرغم من أن الحملات الصحفية التي تكون بالإنابة عن بعض المرضى يمكنها أحيانًا أن تحرج الشركات؛ لتضطرها لتوفير العلاجات غير المصرح بها. وتشير روايات إلى أن المال والعلاقات لهما تأثير أيضًا.

وفي الوقت الحالي، يعكف المتخصصون في المبادئ الأخلاقية والطب على اختبار ما يأملون في أن يكون نظامًا أكثر إنصافًا لتوزيع العقاقير في حالة نقصها. وقد استُوحِيَت المقاربة ـ التي عُرضت في 6 يونيو الماضي في اجتماع الجمعية الأمريكية لعلم الأورام الإكلينيكي في شيكاجو، إلينوي ـ من الطريقة التي استُخدمت في ترتيب عمليات نقل الأعضاء حسب الأولوية. وفي إحدى حالات الاختبار، عمل الباحثون جنبًا إلى جنب مع شركة «جانسن» للأدوية؛ لتحديد كيفية توزيع الكمية المحدودة المتوفرة من عقار داراتوموماب Daratumumab، وهو عقار تجريبي لعلاج الورم النقوي المتعدد. وقد فحصت لجنة مكونة من عشرة أشخاص 76 طلبًا مجهولًا؛ لتحديد مدى احتمال أن يكون للدواء تأثير على كل شخص منهم؛ ليجيزوا في النهاية 60 طلبًا. ويقول آرثر كابلان، المتخصص في أخلاقيات علم الأحياء بمركز لانجون الطبي بجامعة نيويورك، الذي يقود هذا العمل: «من الصعب أن تقول لا، لأن الناس يموتون»، إلا أنه يرى أن وجود منهج منظم قد يساعد الشركات في اتخاذ قرارات حيادية.

لم تتلقّ حالة جودمان أي ردّ من ست شركات من بين الثماني شركات التي اتصلت بها، بينما رفضت الشركتان الأخريان أن تعطيا ابنها العقاقير التي تصنعها، لأنها لم تُختبر على الأطفال قطّ. وقد توفي جاكوب جودمان سنة 2009، وأسست والدته بعد ذلك جماعة مناصِرة لهذه القضية، تُسمى «أطفال ضد السرطان» في واشنطن العاصمة.

يقول آرون كاسيلهايم ـ الذي يدرس المبادئ الأخلاقية للرعاية الصحية في مستشفى بريجهام آند ويمين في بوسطن، ماساتشوستس ـ إن هناك أسبابًا مشروعة كثيرة تجعل الشركات تمتنع عن تقديم العقاقير غير المعتمَدة، منها أن أغلب الناس الذين يطلبون هذه العلاجات قد اشتد عليهم



PETER CIHELKA/THE FREE LANCE–STAR/AP

تَلَقَّى جوش هاردي عقارًا تجريبيًّا، بعدما أطلقت عائلته حملة موسعة على مواقع التواصل الاجتماعي الاجتماعي.

المرض، وتخشى شركات أن يقلل موتهم أثناء تلقيهم العقار من فرص إجازة المركَّب لدى إدارة الأغذية والأدوية الأمريكية. هذا.. إضافة إلى أن إتاحة العقاقير التجريبية للمرضى يثنيهم عن التسجيل في التجارب المنضبطة التي قد تقدم للمرضى أدوية وهمية، كما أنها ستجعل العقارات المتاحة للاستخدام في التجربة أقل. يقول أمريت راي، كبير الطاقم الطبي لشركة جانسن، في تيتوسفيل، نيوجيرسي: «تُعَدّ هذه الطلبات من أصعب القرارات التي أواجهها كطبيب. إنها بمثابة مقايضة، علينا أن ندرسها بعناية».

منذ عام 2014، سَنَّت 28 ولاية في الولايات المتحدة قوانين بشأن «الحق في التجربة»، تجيز للشركات تقديم العقاقير للمرضى، من دون تدخُّل جهات رقابية. ويُطْلِق كابلان عليها اسم «قوانين الشعور بالرضا»، لأن إدارة الأغذية والأدوية تجيز معظم الطلبات التي تتلقاها بشأن استخدام الأدوية غير المعتمَدة. هذا.. وليس معلومًا عدد الطلبات التي رفضتها الشركات، والتي لم تصل إلى إدارة الأغذية والأدوية أساسًا.

«هذه الطلبات من أصعب القرارات التي أواجهها كطبيب».

تقول فيكي بوينجر ـ رئيسة جماعة مناصرة تسمى «ائتلاف في مواجهة سرطان الأطفال» في فيلادلفيا، بنسلفانيا ـ إن تشريعات «الحق في التجربة» تسهم في سوء فهم المرضى للعوامل التي تُؤخذ في الاعتبار عند أخذ قرار إتاحة الدواء للمريض من عدمه . وتضيف: «إنها توحي بأن الشركات ـ إلى جانب إدارة الأغذية والأدوية ـ إما ملائكة رحمة، إذا أتاحت لهم الدواء، أو شياطين، إذا منعته عنهم».

وقد دفعت ضبابية الأمور وقلة التواصل مع الشركات كثيرًا من المرضى وعائلاتهم إلى إطلاق حملات على مواقع التواصل الاجتماعي؛ لضمان الحصول على عقاقير غير معتمَدة.

ولعل أشهر الحالات كانت في سنة 2014، حين شنّت عائلة جوش هاردي، في السابعة من العمر، حملة على موقع «فيسبوك» للحصول على دواء غير معتمَد مضاد للفيروسات، يُسمى برنسيدوفوفير brincidofovir؛ لعلاجه من عدوى كانت تمثل خطرًا على حياته. وقد رفضت شركة «تشيمريكس» Chimerix، بمدينة دورهام، نورث كارولينا ـ المنتجة للدواء ـ أن تعطيهم إياه، بدعوى أن إعطاء الدواء لجوش، وأي مقدِّم طلب يليه، سيقلل من كميات المركَّب المتوفرة للتجربة الإكلينيكية المتواصلة. وفي غضون أيام، كانت صفحة حملة إنقاذ جوش على فيسبوك وتويتر معروضة على قنوات التلفاز المحلية. وسرعان ما أجرت شركة «تشيمريكس» تجربة إكلينيكية صغيرة، ليكون جوش أول مريض تُجرى عليه التجربة.

تقول إلينا جيراسيموف، التي تدير برنامج لدى جمعية «أطفال ضد السرطان»، يساعد آباء الأطفال الذين يعانون من مرض السرطان في تقديم طلبات رسمية للشركات للحصول على الأدوية: «فجأة، أدرك المديرون التنفيذيون أنّ هذا قد يحدث لهم في أيّ وقت». وتسعى إدارة الأغذية والأدوية لتسهيل هذه العملية، ففي الثاني من يونيو الماضي، أصدرت نماذج استمارات جديدة؛ لتسهيل ملء الْتِمَاسات استخدام أدوية غير معتمَدة.

يقول كينيث موك ـ المدير التنفيذي الأسبق لشركة تشيمريكس ـ إن عشرات الشركات استعانت به كمستشار في هذه القضايا منذ أن ترك الشركة. ونصيحته في هذا الصدد بسيطة، وهي أنه على كل شركة أن تضع نظامًا

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

يتميز بالشفافية للتعامل مع طلبات استخدام العقاقير غير المعتمَدة ، تحت توجيه إدارة الغذاء والدواء. وهذا يتوافق مع نصيحة منظمة الابتكار البيوتكنولوجي، وهي جماعة صناعية في العاصمة واشنطن، تشجع أعضاءها على وضع سياسات واضحة لتفسير ما إذا كانوا يتيحون استخدام العقاقير غير المعتمدة ولمساعدة الأطباء على طلب العقاقير. يقول كاي هولكومب، نائب رئيس قسم السياسة العلمية بالمجموعة: «هذا أقل ما يمكننا تقديمه، لنسهّل على الناس التواصل معنا».

يعتزم كل من كابلان وراي اختبار نظامهما على علاج آخر في وقت لاحق هذا العام، ربما دواء للصحة النفسية، أو لقاح للأطفال. ويأمل كابلان أن يَسِير عدد أكبر من الشركات على هذا النهج، ويتخيل في يوم من الأيام إقامة لجنة استشارية لتقديم المساعدة للشركات الصغيرة فيما يتعلق بـ«الاستخدام الرحيم للعقاقير غير المعتمدة».

وينبِّه موك إلى أن هذه المقاربة قد لا تكون ملائمة لكل دواء أو شركة، ولكن ما يعجبه فيها أنها تتسم بالنزاهة والإنصاف. ويقول موك: «لو أن جوش كان رجلًا في السابعة والثلاثين من العمر، لم يكن ليحظى بالدعم نفسه الذي حظي به الولد الوديع الذي يبلغ من العمر سبع سنوات».

ويدعم المدافعون عن المرضى نظام كابلان لتوزيع الأدوية. وتقول بوينجر، «إن وضع الدواء في أيدي أناس يفهمون إمكانياته هو أمرٌ منطقي».

يريد الكثيرون أيضًا أن تقدِّم إدارة الأغذية والأدوية محفزات للشركات؛ لتتيح «الاستخدام الرحيم للعقاقير غير المعتمَدة». وحتى يحدث ذلك، أو حتى تتبنى الشركات برامج مثل برنامج كابلن، فربما تظل مواقعُ التواصل الاجتماعي التي تُطْلِق نداءات عامة الخيارَ الوحيد أمام بعض المرضى. وتقول جودمان: «سأفعل كل ما في وسعي؛ لأنقذ حياة ابني. سأفعل أيَّ شيء ليعيش جاكوب بضعة أشهر إضافية». ■



ستغطي كاميرات Fisheye واسعة المجال فرنسا كلها في إطار مشروع شبكة تعقُّب النيازك.

علم الفلك

فرنسا تُطْلِق شبكة واسعة للكشف عن النيازك

تعقُّب الصخور الفضائية التي تصل إلى الأرض سيوفر معلومات حول النظام الشمسي المبكِّر.

تراسي واتسن

أَطْلَق علماء في فرنسا حملة غير مسبوقة لتَلَقُّف الشُّهب، وهو جهد سيعتمد على آلاف المتطوعين؛ لتمشيط سطح الأرض؛ بحثًا عن قِطَع الصخور القادمة من الفضاء.

في 28 مايو الماضي، دُشنت شبكة «فريبون» FRIPON «شبكة استرجاع الشهب، ورَصْد ما بين الكواكب» Fireball Recovery and InterPlanetary Observation Network؛ وتضم الآن 68 كاميرا ترصد السماء؛ بحثًا عن الشهب التي نشاهدها عندما تخترق قِطَعٌ من الكويكبات أو المُذَنَّبات أو الأجرام الأخرى الغلافَ الجوي للأرض. يقول المنظمون إنه بنهاية العام الجاري ستغطي نحو 100 كاميرا فرنسا كلها؛ مما يجعلها واحدة من أكبر شبكات الكشف عن النيازك في العالم، وأكثرها كثافة.

ويقول عالِم الفلك في مرصد باريس، وأحد منظمي الشبكة، جيريمي فوبايون: «إذا ما سقط غدًا نيزك في فرنسا، سنكون قادرين على معرفة من أين أتي، وأين وقع تقريبًا».

وتوفر النيازك ـ وهي قِطَع من الحجارة هَوَت من الفضاء، ووقعت على سطح الأرض ـ معلومات قيمة حول كل شيء؛ بدءًا من تاريخ النظام الشمسي، إلى هُوية الكويكبات التي قد ترتطم بالأرض. ويرى ديفيد كلارك ـ الذي يدرس الشهب في جامعة ويسترن أونتاريو Ontario في لندن، كندا ـ أن تمزق هذه الأجسام يُعتبر «الفرصة الوحيدة السانحة لمشاهدة مواد النظام الشمسي بين يديك». ويضيف: «ببساطة.. نحن لا نمتلك ما يكفي من هذه الأشياء».

حريق في السماء

يُولِي العلماءُ أهمية أكبر لتلك النيازك التي يتعقبونها خلال رحلتها نحو الأرض، قبل السقوط على سطحها، حيث يستطيعون استخدام بيانات تخصّ هذه الرحلة؛ لإعادة رسم مسار النيزك، والكشف عن مكان انطلاقه في النظام الشمسي. يشير بيتر جنيسكنس ـ وهو عالِم فلك بمعهد «سيتي» SETI في ماونتن فيو ، بولاية كاليفورنيا ـ إلى أننا لا نستطيع استرجاع سوى ثلث النيازك ذات المسارات المعروفة سنويًّا.

ويحلم منظمو ‹فريبون› بالحصول سنويًّا على نيزك واحد، يتم تعقُّبه في السماء الفرنسية. وعلى سبيل المقارنة، فإن الباحثين التابعين للشبكة الإسبانية الواسعة والكثيفة للنيازك لم تسجل سوى نيزكين اثنين خلال الـ 12 عامًا الماضية .

وتتسم شبكة الكاميرات الفرنسية بأنها شديدة الكثافة، ومتباعدة فيما بينها بشكل منتظم، على مسافة تتراوح بالكاد ما بين 70، و80 كيلومترًا، موزَّعة على المختبرات والمتاحف العلمية، وغيرها من المباني، وهي متقاربة بما يكفي لإنتاج معلومات جيدة حول مكان سقوط النيازك. ويقول جنيسكنس: «هذا يزيد حظك في العثور على شيء ما».

يقول الباحث الرئيس بمرصد باريس، فرانسوا كولا، إن شبكة «فريبون» تُعتبر أيضًا أول شبكة متصلة اتصالًا كاملًا، وتعمل بصورة آلية. فعندما ترصد إحدى الكاميرات نيزكًا، تبعث برسالة إلى جهاز حاسوب مركزي في باريس. وإذا التقطت كاميرتان أو أكثر الكرة النارية، يتلقَّى علماء «فريبون» بريدًا إلكترونيًّا يصف المكان الذي شُوهدت فيه. وفي نهاية الأمر، سيشمل البريد الإلكتروني معلومات مولَّدة تلقائيًّا عن منطقة الهبوط المحتملة للنيزك، التي يتم تحديدها على مساحة تقريبية ما بين كيلومتر إلى 10 كيلومترات.

بعد ذلك، سيواجه الباحثون مهمة شاقة في البحث عن النيزك في تلك المنطقة. في البداية، سيقوم العلماء بالبحث بأنفسهم في المنطقة، لكنّ منظمي «فريبون» يخططون لتدريب جمهور من المواطنين العلميين خلال السنوات القليلة المقبلة على تمشيط الأراضي الفرنسية؛ بحثًا عن أجزاء من النيازك؛ وتسليم كل ما يجدونه.

وتتوقع بريجيت زندا ـ المتخصصة في النيازك بالمتحف القومي للتاريخ الطبيعي في باريس، والمشرفة على الجهد التطوعي ـ أنه ربما سيظهر واحد من كل ألف متطوع للبحث عن النيازك. ويأمل المنظمون في تكوين فريق بحث من 30 شخصًا في كل جزء في فرنسا، وبالتالي عليهم تجنيد مئات الآلاف من الأشخاص، حسب قول زندا، التي تصف الأمر بأنه «طموح». ومع ذلك.. فهناك مئات الأشخاص تطوعوا، رغم أن حملة التجنيد الرسمي ما زالت في طريقها نحو الانطلاق. ■

علم الأرض

مختبَر شهير لبحوث القطب الجنوبي بات غير مرغوب فيه

مجموعة من عيِّنات الرواسب تعود إلى الستينات، باتت الآن بلا مأوى.

ألكساندرا ويتز

أكثر من 23 كيلومترًا من أنابيب رفيعة من التربة، تحمل في طياتها نصف قرن من التاريخ الجيولوجي للقطب الجنوبي.. تبحث الآن عن عائل جيد.

تبحث مؤسسة العلوم الوطنية الأمريكية «NSF» عن مكان جديد لتخزين عينات الرواسب البحرية التي تجمعها من القطب الجنوبي، والتي تمثل أكبر مجموعة على مستوى العالم تضم سجلات بيئية من المحيط الجنوبي. ظلت تلك المجموعة موضوعة على أرفف جامعة ولاية فلوريدا في تالاهاسي منذ عام 1963؛ حتى أبلغت الجامعةُ مؤسسة العلوم الوطنية الأمريكية في العام الماضي بأنها لم تعد ترغب في استضافة المجموعة. لذا.. من المقرر بحلول الثالث من شهر أغسطس أن يتم التوصل إلى عدة مقترحات لأماكن يمكن أن يُنقل إليها مرفق بحوث الجيولوجيا البحرية الخاصة بالقطب الجنوبي.

يقول جاري أوستراندر، نائب رئيس جامعة ولاية فلوريدا لشؤون البحوث: «إن هذا المجال البحثي ليس من أولويات هيئة التدريس بالجامعة حاليًّا. ولذا.. ليس من المنطقي الاستمرار في دعم هذا المرفق الضخم». فعلى الرغم من أن مؤسسة العلوم الوطنية الأمريكية تسهم بحوالي 280 ألف دولار أمريكي سنويًّا، تضطر الجامعة للتكفل بالنفقات الإدارية الإضافية، كمصاريف تكييف الهواء المركزي الذي يغطي المبنى، البالغة مساحته 930 مترًا مربعًا.

تتضمن هذه المجموعة الثمينة عيِّنات تم جمعها في القرن الواحد والعشرين من قِبل برنامج «آندريل» ANDRILL، الذي كشف تاريخ الغطاء الجليدي للمنطقة الغربية من القطب الجنوبي على مدار آخر 17 مليون سنة.

يُعَدّ نقل المجموعة بمثابة ضربة قوية لشيروود وايز ـ عالم الجيولوجيا في جامعة ولاية فلوريدا، والباحث الرئيس في المنشأة ـ الذي يقول: «سيكون يومًا حزينًا بالنسبة لي.. فقد كانت تلك المجموعة موردًا مذهلًا للجامعة». كما يقوم عشرات الباحثون من كل بقاع العالم بزيارة المجموعة كل عام؛ لدراسة أدلة المناخ القديم، وغيرها من الأدلة المدفونة في العيِّنات.

تراكمت العيِّنات على مدار السنين، مجمَّعة من أكثر من 90 رحلة بحثية. ونتج عن الدراسات التي أُجريت عليها مئات المنشورات حول كافة ملامح تاريخ المحيط الجنوبي والقطب الجنوبي.

ويُعتبر الاعتناء بتلك المواد القديمة أمر مهم، إذ إن عيِّنات القطب الجنوبي باهظة الثمن، ويصعب جمعها، حسبما يقول فيليب بارت، عالم الجيولوجيا البحرية في جامعة ولاية لويزيانا في باتون روج. ويضيف: «هذه المنشأة بالغة الأهمية للأبحاث الجارية».

وفي النهاية، يقدِّر وايز تكلفة التعبئة والشحن فقط ـ أينما نُقلت العينات، وفي أي وقت ـ بحوالي مليوني دولار. ■



الراحل مايك موروود ـ المتخصص في فن الصخور ـ في كهف ليانج بوا، حيث عثر فريقه على إنسان فلوريس.

ACHMAD IBRAHIM/AP

علم مستحاثات البشر

نماذج من أقارب «الهوبيت» تشير إلى شجرة العائلة

العثور على أسلاف ممكنة لإنسان «فلوريس»، بعد بحث طويل.

إوين كالاوي

بعد مرور أكثر من عقد من الزمان على اكتشاف أن نموذجًا مصغرًا من أقارب الإنسان الحديث كان قد عاش في جزيرة فلوريس الإندونيسية، كان جيريت فان دن بيرج قد بدأ يفقد الثقة في أنه سوف يجد أي إشارة على أجداد «الهوبيت».

كان ذلك في أكتوبر 2014، عندما كان قد أمضى أربع سنوات مشاركًا في قيادة عملية الحفر التي أجريت على نطاق صناعي بالقرب من الكهف الذي عُثر فيه على الهيكل العظمي، الذي يبلغ طوله مترًا واحدًا. وقبل أسابيع قليلة من إنهاء أعمال تلك السنة، وجد عامل محليّ ضرسًا يبلغ عمره 700,000 سنة. وسرعان ما تبع ذلك العثور على المزيد من الأسنان، وأجزاء من الفك.

يقول فان دن بيرج، عالم الحفريات القديمة في جامعة ولنجونج، أستراليا، الذي أورد فريق عمله قائمة الاكتشافات في ورقتين بحثيتين في هذا العدد: «كنا قد فقدنا الأمل في العثور على أي شيء، ولكن ما لبث الحظ أن حالفنا».

(G. D. van den Bergh *et al*. *Nature* **534**, 245–248؛ و A. Brumm *et al*. *Nature* **534**, 249–253; 2016). «لقد أقمنا احتفالا ضخمًا، حيث ذبحنا بقرة، ورقصنا. كان رائعًا».

يرجع الفك والأسنان الصغيرة بشكل غير عادي إلى شخص بالغ، وطفلين على الأقل، وهم أول أسلاف ممكنة تُكتشف لإنسان فلوريس *Homo floresiensis*، وتشبه بقايا الهوبيت التي وجدت في الجزيرة، والتي يتراوح عمرها ما بين 60,000، و100,000 سنة.

يطرح الفك والأسنان سؤالين ملحّين على دراسة الأنواع،

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



هما: من أين أتت؟ وكيف أصبحت بهذه الضآلة؟ لكن، كما هو الحال مع كل ما يختص بالهوبيت، هناك إجماع بين الباحثين على أن الاستنتاجات القاطعة تتطلب المزيد من الأحفوريات.

أثار اكتشاف الهوبيت في عام 2003 في كهف ليانج بوا ـ من قِبَل فنان الصخور الراحل، الذي كان مستقرًّا في أستراليا مايك موروود ـ دهشة عارمة، ولكن موضعه في شجرة العائلة البشرية مثير للجدل. رأى فريق موروود أن الهوبيت كان نموذجًا منكمشًا من الإنسان المنتصب *Homo erectus*، أي النوع نفسه الذي ربما تطوَّر إلى الإنسان العاقل *Homo sapiens* في أفريقيا، والذي وصل تجواله إلى أوروبا وآسيا. ويرى علماء آخرون، درسوا مواصفات إنسان فلوريس، مثل قدميه الطويلتين المسطحتين، أنه ينحدر من إنسان قريب أصغر حجمًا وأكثر بدائية، مثل الإنسان الماهر *Homo habilis*، أو حتى أسترالوبيثكس *Australopithecus*، الذي لا يُعْرَف إلا من بقاياه التي عُثر عليها في جنوب صحراء أفريقيا.

وفي بحثهم عن أسلاف الهوبيت في عام 2004، عاد فريق موروود إلى موقع يبعد 74 كيلومترًا عن ليانج بوا، يُدعى ماتا مينج، حيث كان قد عُثِر فيه في ستينات القرن الماضي على عظام فيل، وأدوات. وبدأ الحفر على نطاق ضيّق، ولكن في عام 2010، وَسَّع الفريق عمله. وأَخْلَت الجرّافات أرضًا، مساحتها 2000 متر مربع، ليعمل أكثر من 100 شخص من السكان المحليين بالحفر لمدة 6 أيام أسبوعيًّا، مستخدمين الأزاميل والمطارق. وقد عثروا على مئات الأدوات الحجرية، وآلاف الأحافير من حيوانات كالتماسيح، والفئران، وتنين كومودو، ولكنهم لم يعثروا على عظام أشباه البشر Hominin.

وزار موروود المنطقة للمرة الأخيرة في عام 2012، عندما كان يعاني من مرحلة متقدمة من سرطان البروستاتا. يقول فان دن بيرج: «لقد بذل حقًّا جهدًا كبيرًا للسير عبر الموقع، وكنتَ تستطيع أن ترى أنه كان يتألم، لكن تفكيره كان مفصلًا جدًّا»، وأضاف: «لقد ألَحَّ كثيرًا لحفر المزيد، وتسريع العمل. كان يريد العثور عليهم حقًّا».

وموروود، الذي توفي في عام 2013، قبل العثور على الأسنان وعظام الفك، هو مؤلف أبحاث نُشرت في دورية *Nature* الدولية، وأُجريت تحت قيادة مشتركة من قِبَل علماء في اليابان، وأستراليا، وإندونيسيا.

ويخلص الفريق إلى أن الفك الذي استُخرج من ماتا مينج يعود إلى مخلوق بالغ (ضرس العقل كان بارزًا)، كان حجمه أصغر حتى من الهوبيت، وأن النابين هما سِنّان لَبَنِيّان لطفلين مختلفين. ويبدو الفك الرقيق أكثر شبهًا بفك الإنسان المنتصب وإنسان فلوريس من الفك الأضخم الذي يعود إلى أشباه البشر الأكثر بدائيةً، مثل الإنسان الماهر. أما الأسنان المربعة، فهي مرحلة متوسطة بين الإنسان المنتصب، وإنسان فلوريس. وقد قاد إحدى الصخور الفريقَ لتقدير أن عُمْر البقايا يعادل حوالي 700,000 سنة. ويقول فان دن بيرج إن أكثر القطع الأثرية في المنطقة قِدَمًا تشير إلى وصول مجموعة من الإنسان المنتصب إلى جزيرة فلوريس قبل حوالي مليون سنة.

تَقزُّم بفعل النظام الغذائي

ويلاحظ هو وفريقه أن البقايا تشير إلى إنسان منتصب كبير الجسد، كسلف مرجَّح للهوبيت، ويرون أنه ربما يكون قد انكمش خلال بضع مئات من الآلاف من السنين؛ للتكيّف مع ضآلة الموارد في فلوريس. ومن المعروف أن الفيلة وغيرها من المخلوقات الكبيرة كانت تنكمش مع مرور الوقت؛ لمواجهة نقص الغذاء النمطي في الجُزُر، كما تعرضت الغزلان الحمراء في جزيرة جيرسي في القناة الإنجليزية ـ بحر المانش ـ للانكماش إلى سدس حجمها الأصلي خلال 6,000 سنة فقط، حسب قول فان دن بيرج.

«كنا قد فقدنا الأمل في العثور على أي شيء، ولكن سرعان ما حالفنا الحظ!».

يتفق كل من فريد سبور، عالِم الحفريات القديمة في جامعة لندن، وكريس سترينجر، المتخصص في علم البشر القدماء في متحف التاريخ الطبيعي في لندن، على أن الإنسان المنتصب الآن هو الأنسب لسلف الهوبيت، على الرغم من أن سترينجر غير متيقن من أن الانكماش قد حدث في فلوريس. ويقول إن هناك احتمالًا مساويًا في أرجحيته لأنْ يكون الهوبيت قد ظهر في جزيرة أخرى، مثل سولاويزي، ثم انتقل إلى فلوريس.

ويقول وليام جنجرز ـ المتخصص في علم البشر القدماء في جامعة ستوني بروك في نيويورك ـ إن الأحفوريات ليست على درجة كافية من الاكتمال، لترجح أصل الانسان المنتصب: «لا أعتقد أن هذه العينات الجديدة من الأسنان تفيد الفرضيات المتنافسة في التعرف عن أصل الأنواع، بطريقة، أو بأخرى».

ثمة نهر صغير ينتهي في أسفل تل، ترك رواسب من الحجر الرملي، حيث عُثِر على الأسنان والفك فيه. ويتوقع فان دن بيرج وجود المزيد من بقايا أشباه البشر هناك. وفي الوقت نفسه، عثر زملاؤه على أدوات حجرية في سولاويسي، شمال فلوريس. وأخيرًا، يمكن القول إنه لا يبدو احتمال العثور على المزيد من الهوبيت ضعيفًا جدًّا. ■



SIM CHI YIN/VII

القوة العظمى الكامنة في عمليات وضع التسلسل الجينومي

في البداية، استحوذت الصين على عمليات تسلسل الحمض النووي.. وتريد الآن أنْ تهيمن على الطب الدقيق أيضًا.

ديفيد سيرانوسكي

قبل ست سنوات، كانت الصين في صدارة مجال تسلسل الحمض النووي على مستوى العالم، وذلك بفضل شركة واحدة؛ هي BGI في مدينة شنزن. في ذلك الوقت، فور شرائها 128 آلة من أسرع آلات التسلسل في العالم، قيل إنها باتت تمتلك أكثر من نصف السعة العالمية لفك رموز الحمض النووي. وكانت تعمل على جمع جيش من الشباب الواعد المختص بنظم المعلومات الحيوية، متعاونةً مع كبار الباحثين حول العالم، كما قامت بالكشف عن تسلسلات جينومات مخلوقات عدة؛ بدءًا من البشر القدماء، حتى حيوان الباندا العملاق. وسرعان ما اكتسبت سمعة جيدة كمصنع ذي قوة ضاربة ـ بنيوية أكثر من كونها فكرية ـ في مجال دراسات الجينوم، لكن بعد مرور ست سنوات، اختلف المشهد تمامًا. ففي شهر يوليو 2015، ترك جون وانج ـ العالِم الأكثر شهرة في الشركة، وأحد قاداتها ذوي الرؤية الثاقبة ـ منصبه؛ والآلة التي كانت قد منحت الشركة القدرة على الهيمنة على المجال باتت قديمة. وفي نوفمبر، واجهت الشركة عقبات عدة أثناء محاولاتها تطوير جهازها الخاص لتسلسل الجينوم الكامل بنطاق صناعي. وفي الوقت ذاته، زادت مبيعات النظام المنافِس المسمى «إكس سيريز» X series ، الخاص بشركة «إيلومينا» Illumina، رافعًا سرعة أداء عمليات التسلسل، ومخفِّضًا أسعارها على مستوى العالم.

وبذلك.. ظهرت شركات منافسة لشركة BGI، مجهَّزة بأحدث أدوات التسلسل، أبرزها شركة «نوفوجين» Novogene في بكين، التي أسسها في عام 2011 ريكيانج لي، الذي كان يشغل في السابق منصب نائب رئيس شركة BGI. ورغم أن BGI ربما لم تعد تمتلك الهيمنة المطلقة التي كانت تمتلكها في السابق، إلا أنها لا تزال تَدَّعِي امتلاك السعة الأكبر لعمليات التسلسل على مستوى العالم، إضافة إلى طموحاتها العلمية الكبرى، التي تتضمن وضع التسلسل الجينومي لمليون شخص، ومليون نوع من النباتات والحيوانات، ومليون نظام بيئي ميكروبي. وبذلك كله تُولَد الصين من جديد اليوم، بقوة ضاربة في هذا المجال، وقاعدة عمل أوسع.

ومن شأن هذه الريادة أن تغذِّي مبادرة الطب الدقيق، البالغة ميزانيتها مليارات الدولارات، التي ستستمر لمدة 15 سنة، إذ أعلنت عنها الصين في شهر مارس الماضي كمنافِسة لمبادرة أخرى مماثِلة في الولايات المتحدة. فإذا حققت هذه الجهود أهدافها؛ يتوقع الأطباء أن يتمكنوا حينها من استخدام جينوم كل شخص وفسيولوجيا جسمه؛ لاختيار العلاج الأفضل لمرضه. أما الآن، فتهدف شركات التسلسل إلى استنباط فوائد طبية من وفرة البيانات الجينومية المتاحة.

وللقيام بذلك.. لا تكفي بيانات التسلسل وحدها؛ ولذا.. يتجاوز بعض الشركات الصينية عمليات التسلسل ذات القوة المفرطة، لاستنباط مدى أهمية عوامل أخرى، مثل نمط الحياة المتبع لفهم المخاطر المرتبطة بالمرض والعثور على علاجات له. يقول هانيس سماراسون، مدير العمليات،

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

علماء في شركة BGI - عملاق عمليات التسلسل - في مدينة شنزن يتطلعون إلى تطبيق خبراتهم المتعلقة بمجال علم الوراثة في مجال الطب.

والمؤسس المشارك لشركة «ووشي نكستكود» WuXiNextCODE، وهي شركة مقرها في كمبريدج بولاية ماساتشوستس، مختصة بالجينومات، وتُعتبر جزءًا من شركة «ووشي آبتيك» WuXi AppTec في شنجهاي: «ما يميز الصين هو أن طموحها حيال برنامج الطب الدقيق يفوق ذلك الموجود في الولايات المتحدة بعدة درجات. إنهم في الصين مفعمون بالحيوية، ومتفتحون للآراء المختلفة؛ فتجد فكرة دمج دراسات الجينوم في مجال الرعاية الصحية هناك واقعًا حقيقيًّا».

ظهور الآلة

إنّ الطاقة الحديثة الكامنة وراء عمليات التسلسل يعود الفضل فيها بدرجة كبيرة إلى جهاز واحد، هو HiSeq X Ten الخاص بشركة «إيلومينا»، الذي سُميّ كذلك لأنه يباع على شكل مجموعات من عشر وحدات. وعندما طُرح الجهاز في الأسواق في عام 2014، كانت إحدى المجموعات المطروحة قادرة على وضع تسلسل الجينوم البشري بتكلفة تقارب 1000 دولار أمريكي، وكانت تستطيع إنجاز حوالي 18,000 جينوم بشري كل عام. لذا.. رأت شركات أخرى أرادت منافسة شركة BGI في ذلك فرصة جيدة؛ وانطلقت فورًا لاغتنامها.

كانت شركة «نوفوجين» هي الأولى في ذلك. وباتباع نمط مماثل لذلك الخاص بشركة BGI، دأب مؤسِّسها لي على جمع عدد كبير من المتخصصين في نظم المعلومات الحيوية؛ لوضع بيانات التسلسل وتفسيرها، كجزء من مشروعات البحوث الأساسية التعاونية المجراة على القرد ذي الأنف الأفطس *Rhinopithecus roxellana*[1]، والقطن من نوع *Gossypium hirsutum*[2]، وغير ذلك من النباتات والحيوانات الأخرى. وباستخدام الجهاز نفسه، قامت عدة شركات أخرى ـ من بينها «ثي فارما تك» WuXi PharmaTech، و«كلاود هيلث» Cloud Health، الموجودتان في شنجهاي ـ بصَبّ تركيزها الأكبر على تقديم خدمة التسلسل لشركات الأدوية، أو الشركات المختصة بالجينومات الشخصية.

وتتسارع وتيرة النمو باستمرار، إذ أضافت شركة «نوفوجين» مجموعة أخرى من مجموعات X Ten في شهر أبريل، كما يقول جيسون جانج جين - المدير العام لشركة Cloud Health - أن الشركة ستضيف مجموعتين أخرتين هذا العام. وفي الغالب بحلول نهاية العام سيكون لدى الصين 70 وحدة على الأقل، بينما تقول شركة «إيلومينا» أنه بالفعل بنهاية العام الماضي كان قد بيع 300 وحدة على مستوى العالم.

ومن جانبها، تحاول شركة BGI اللحاق بركب الجميع؛ فقامت في عام 2013 بشراء شركة «كومبليت جينوميكس» Complete Genomics، الكائنة في ماونتن فيو بكاليفورنيا، في محاولة لابتكار آلات تسلسل خاصة مطوَّرة، لاستخدامها ضمن أعمالها الخاصة، وبيعها للآخرين. وفي يونيو من العام الماضي، أعلنت الشركة عن نظام أسمته «ريفولوسيتي» Revolocity، في محاولة للتماشي مع جهاز HiSeq X، لكن في شهر نوفمبر، بعد أن تلقت ثلاثة طلبات للجهاز، قامت الشركة فجأة بتعليق المبيعات، وبقيت على أسطولها المتقادم المكوَّن من 128 آلة من آلات HiSeq 2000 الخاصة بشركة «إيلومينا»، ومجموعة من آلات وضع التسلسل الأحدث الخاصة بعدة شركات مختلفة، بما في ذلك آلات خاصة بها هي ذاتها.

تتراوح تقديرات حصة الصين من السعة العالمية لعمليات التسلسل بين 20%، و30%، وهي نسبة لا تزال أقل مما كانت عليه عندما كانت شركة BGI في أوجها، لكنها من المتوقع أن ترتفع بشكل سريع. يقول ريتشارد دالي، المدير العام لشركة «دي إن إيه نيكسوس» DNAnexus الكائنة في ماونتن فيو، وتقدم منصات سحابية من أجل الدراسات واسعة النطاق للجينوم: «تتزايد سعة عمليات التسلسل بشكل سريع في كل مكان، لكنها ترتفع في الصين بسرعة أكبر من أي مكان آخر».

ولا تزال شركة BGI تملك في جعبتها جهازًا آخر، هو BGISEQ-500، وهو أشبه بأداة لسطح المكتب، يتم استخدامها في المختبرات البحثية. يستند هذا الجهاز أيضًا إلى تكنولوجيا شركة «كومبليت جينوميكس»، ومن المتوقع إطلاقه في العام الحالي. يقول ييوو هي ـ رئيس الأبحاث العالمي الجديد في شركة BGI ـ إنه يمكن لهذا النظام أن يضع تسلسل الجينوم البشري مقابل 1000 دولار. ونظرًا إلى صغر حجمه، وزيادة المرونة في الاستخدام، من شأنه أن يلبي حاجة الصين المتزايدة لعمليات التسلسل من أجل الاستخدامات الإكلينيكية. يقول هي: «ستُجرى عمليات تسلسل كثيرة في المستشفيات خارج معاهد البحوث». وهو يتوقع أن تخفض الشركة سعر عملية تسلسل الجينوم البشري الواحد إلى 200 دولار في السنوات القليلة المقبلة. ويضيف: «تُعَدّ الصين هي المكان الأكثر إثارة لإجراء بحوث الطب الحيوي».

> **«تتزايد سعة عمليات التسلسل بشكل سريع في كل مكان، لكنها ترتفع في الصين بسرعة أكبر من أي مكان آخر».**

الجينومات في مجملها

أرسل الإعلان عن برنامج الطب الدقيق موجة من الإثارة بين عمالقة عمليات التسلسل في الصين. ومن المفترض أن تُنفق الأموال على تحسين التقنيات، وعلى عمليات التسلسل، ومشاركة وتحليل أكثر من مليون جينوم بشري، إضافة إلى تطوير الأدوية وأساليب التشخيص من البيانات، واستخدام هذه النتائج لتحديد خدمات الرعاية الطبية المقدمة. وقد اصطفت المستشفيات والأطباء كفريق واحد إلى جانب شركات التسلسل؛ من أجل التوصل إلى مقترحات للعمل، طامعةً في الحصول على حصة من الأموال.

سيتم تقسيم المليون جينوم البشري بين مجموعة متنوعة من الدراسات، وستشمل مجموعات من 50,000 شخص، كل منهم يعاني إما من مرض التمثيل الغذائي، أو من سرطان الثدي، أو سرطان الأمعاء، أو أي حالة أخرى. كما ستكون هناك مجموعات تمثّل شمال ووسط وجنوب الصين، «لإلقاء نظرة على الخلفيات الجينية المختلفة للمجموعات الثانوية من السكان»، كما يقول لي. وثمة مشروعات مماثلة في أماكن أخرى أيضًا، من ضمنها مشروع في المملكة المتحدة، يقوم بتسلسل 100,000 جينوم، وآخر في الولايات المتحدة، تبلغ ميزانيته 215 مليون دولار، ويهدف إلى تغطية مليون جينوم، لكن تتسلط للصين بعض المزايا، حسب قول المراقبين، كدعم الحكومة القوي لها مثلاً؛ إذ وعدت الحكومة بأنها على مدى السنوات الخمس المقبلة ستقوم بإضافة عديد من أدوية الطب الدقيق ومنتجات التشخيص الجزيئي إلى قائمة التأمين الطبي الوطنية، تأكيدًا على أن تكاليف البحوث التي تتكبدها الشركات ستستردها، إذا أنتجت مثل هذه المنتجات. يقول دالي: «هناك تقبُّل أكبر لعمليات التسلسل، ورغبة في الاستثمار فيها في الصين».

ومن المقرر أن تفتتح شركة BGI في سبتمبر المقبل البنك القومي الصيني للجينات، وهو مرفق يمتد على مساحة خمسة هكتارات في مدينة شنزن، سيتضمن ملايين العينات من البشر، والحيوانات، والنباتات، والميكروبات. وقد وضعته الحكومة المركزية في عهدة شركة BGI على أن يتيح البنك بعض العينات والبيانات للباحثين في جميع أنحاء العالم. وتقوم الشركة بتجميع قاعدة البيانات الخاصة بها، المستنبَطة من مليون جينوم بشري، وستتداخل ـ إلى حد ما ـ مع المشروع الوطني؛ وسوف تحقق الهدف قبل أي جهة أخرى في العالم، كما يتوقّع هي. يقول: «يمكننا الوصول إلى الهدف بشكل أسرع، بسبب شراكتنا مع الحكومة والمستشفيات والجامعات، لأننا نستطيع التحرك بشكل أسرع من اتحادات أخرى كبيرة، خاصة أننا نمتلك آلة التسلسل الخاصة بنا.. فهذه ميزة كبيرة».

إنّ إدراك مدلولات مليون جينوم بشري هو بمثابة تحد كبير، كما يقول وانج، الذي استقال من شركة BGI؛ ليؤسس شركة أخرى تُسمى «أي كربون إكس» iCarbonX في شنزن. وتخطط الشركة لجمع بيانات تسلسل جينومات أكثر من مليون شخص، كبداية، فضلًا عن معلومات بيولوجية أخرى، بما في ذلك التغيرات في مستويات البروتينات ونواتج الأيض، وصور الدماغ، والمجسات الحيوية لرصد مستويات الجلوكوز مثلًا، وحتى استخدام مراحيض ذكية تستطيع رصد البراز والبول آنيًّا، يسميها وانج «نموذج رقمي منك»، وهو يخطط لاستخدام الذكاء الاصطناعي؛ لدمج كافة البيانات؛ بهدف تقديم رعاية طبية تتناسب مع جينات كل فرد وحالته الفسيولوجية. وبعد أقل من سنة، جمع وانج أكثر من 100 مليون دولار، جزء كبير منه أتى من شركة «تينسنت» Tencent في شنزن، التي تقف وراء تطبيق «وي تشات» WeChat للتواصل الاجتماعي، حيث يقول وانج إنه سيساعد في بناء منصة جمْع البيانات.

وقد بدأت الصين بالفعل في استكشاف الطرق الأخرى التي يمكن لعلم الجينوم أن يفيد الصحة من خلالها. ففي شهر مارس، احتفلت شركة BGI بالمرة المليون التي تقوم فيها بإجراء اختبار NIFTY، وهو مسح للكشف عن تسلسل الحمض النووي الجنيني الجوال في دم الأم؛ لاكتشاف عيوب في الكروموسومات، مثل تلك المسبِّبة لمتلازمة داون[3]. وإضافة إلى ذلك.. يسير علم الوراثة المتعلق بالسرطان أيضًا في طريقه بشكل جيد، ففي العام الماضي قامت شركة «كلاود هيلث» Cloud Health بإدخال البيانات الجينومية المجمَّعة من حوالي 15,000عينة ورمية إلى أكثر من 100 شركة مختصة بعلم الوراثة في الصين؛ للمساعدة في التشخيص، والتأكد من أن المرضى يتناولون أدوية العلاج الكيميائي المناسبة. ويبدو أن سوق الاختبارات الجينومية باهظة الثمن ينمو حاليًّا بما يناسب الطبقة الوسطى في البلاد، إذ يقول دالي: «في الصين ثمة 100 مليون شخص يتجاوز دخلهم الآن 50,000 دولار».

أما بالنسبة إلى وانج، فإن عملية التسلسل نفسها أصبحت قديمة. «إن دراسات الجينوم مهمة، لكنها لا تشكل سوى جزء صغير من حل اللغز. إن السمات المعقدة كلها، والاضطرابات العصبية التنكسية، والسرطان، والسكري، كلها تفوق علم الوراثة. فإذا كنا نتحدث فقط عن دراسات الجينوم، والبيانات الضخمة، دون معلومات إكلينيكية، فلن يكون ذلك كافيًا». ■

ديفيد سيرانوسكي يكتب لصالح دورية *Nature* من شنجهاي، الصين.

1. Zhou, X. *et al. Nature Genet.* **46,** 1303–1310 (2014).
2. Zhang, T. *et al. Nature Biotechnol.* **33,** 531–537 (2015).
3. Dan, S. *et al. Prenat. Diagn.* **32,** 1225–1232 (2012).



SERGE BLOCH

خِدَع جديــدة لعقاقير قديمة

بعد أن واجه العلماءُ التكاليف شديدة الارتفاع التي تحتاجها عملية تطوير عقاقير جديدة، شرعوا في البحث عن طرق لإعادة توظيف العقاقير القديمة، حتى بعض تلك التي فشلت في التجارب الأولية.

نيكولا نوسينجو

عندما اختار طبيب شاب أن يقضي فترة قصيرة في مختبر جرانت تشرشل، المتخصص في علم الأدوية، كجزء من فترة تدريبه الطبي، طلب تولّي مهمة تُعَلّمه أدوات المهنة بشكل سريع. يقول تشرشل: «وقتها، قلتُ لنفسي لديّ مشروع جيد له». كان ذلك في عام 2010، عندما كانت مجموعة تشرشل بجامعة أكسفورد في المملكة المتحدة تبحث عن طرق لعلاج الاضطراب ثنائي القطب، دون استخدام الليثيوم، وهو عقار يعمل عادةً بشكل جيد، لكن تصاحبه آثار جانبية. وطلب تشرشل من الطبيب جوستين توماس أن يفحص المجموعة المكونة من 450 مركّبًا ضمن المجموعة الإكلينيكية الخاصة بمعاهد الصحة الوطنية الأمريكية (NIH)، وهي تشمل العقاقير التي اجتازت اختبارات السلامة في البشر، لكنها ـ ولأسباب مختلفة ـ لم تنجح أبدًا في الوصول إلى السوق. يقول تشرشل: «تلك المواد موضوعة هناك، ولا تحتاج كثيرًا من الجهد، ما يجعلك تعتقد أن كل ما عليك هو المحاولة فحسب».

وضع توماس بضع قطرات من كل مركّب في أطباق «بتري» مليئة بالبكتيريا المُهندَسة وراثيًّا لتصنيع الإنزيم البشري الذي يثبطه الليثيوم. وفي النهاية توصّل إلى نتيجة. فقد نجح مركّب، كان قد أُعِدّ في الأصل من أجل الأشخاص الذين يعانون من سكتة دماغية، في تثبيط إنتاج الإنزيم، مما يشير إلى أنه قد يمنح المرضى مزايا الليثيوم نفسها[1]. وبعد أن أظهرت التجارب على الفئران أن العقار المسمى «إبسيلين» Ebselen يمكنه اجتياز الحاجز الكيميائي الذي يحمي المخ ـ وهو ما يستطيع عدد قليل من المركّبات فقط القيام به ـ أجرى فريق تشرشل تجربة ضيقة النطاق؛ ووجدوا أن العقار يمكن استخدامه بأمان من قِبَل المتطوعين الأصحاء[2].

وشكلت جامعة أكسفورد الآن فريقًا مع إحدى شركات الأدوية؛ لإجراء تجارب إكلينيكية لعقار إبسيلين على الاضطراب ثنائي القطب. ويستطيع الباحثون تخطّي تجارب المرحلة الأولى المتعلقة بالسلامة، إذ إن العقار كان قد اجتازها فعلًا، وبالتالي يتجهون مباشرة نحو المرحلة الثانية، التي تشمل اختبار فعالية العقار تجاه الاضطراب ثنائي القطب. ويدرك تشرشل تمامًا أن عقار إبسيلين قد يفشل في هذه التجربة، أو التجارب الأخرى الأكبر والأكثر صرامة، المطلوبة لاختبار ما إذا كان يعمل بشكل أفضل من الليثيوم، أم لا؛ إلا أنه فخور بالفعل بما حققه فريقه. يقول: «برغم أننا ـ كفريق أكاديمي ـ لا نتلقى تمويلًا من أي شركة، إلا أننا تمكنّا من الانتقال من مرحلة تحديد المركّب إلى مرحلة تجربته على البشر بميزانية محدودة جدًّا».

ومع مرور الوقت، تصبح مثل هذه القصص أكثر شيوعًا، إذ يتم أخذ عقاقير كانت قد أُعدّت لاضطراب ما، ويُعاد توظيفها؛ لمواجهة اضطراب آخر؛ وهي استراتيجية تكتسب أهمية متزايدة من جانب الباحثين في مجال الصناعة والأوساط الأكاديمية على حد سواء. وتكتسب هذه الجهود إلهامها من بعض قصص النجاح المماثلة القديمة؛ منها عقار «سيلدينافيل» مثلًا، الذي أُعدّ في عام 1989 لمعالجة

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



الذبحة الصدرية، ويتم تسويقه الآن تحت اسم «الفياجرا» المستخدمة لعلاج عدم القدرة على الانتصاب. ومثال آخر على ذلك.. هو عقار أزيدوثيميدين، الذي فشل كعلاج كيميائي، لكنه ظهر في الثمانينات كعلاج لفيروس نقص المناعة البشرية.

وبشكل متزايد، تفسح مسألة الاكتشاف بالمصادفة ـ المسؤولة عن هذه الاكتشافات الأولية ـ المجال أمام البحث المنهجي عن المركبات المرشّحة. وبشكل جزئي، يُعَدّ ذلك نتاج التطورات التكنولوجية، بما يتضمنه ذلك من تحليلات للبيانات الكبيرة التي يمكنها الآن الكشف عن أوجه التشابه الجزيئي بين الأمراض؛ والنماذج الحسابية التي يمكنها توقُّع أيّ المركّبات قد يستفيد من أوجه التشابه هذه؛ وأنظمة الفحص عالية الإنتاجية، التي يمكنها أن تختبر بشكل سريع تأثير عديد من العقاقير على خطوط خلوية مختلفة، لكن الزخم الحقيقي بالنسبة إلى مجال صناعة الأدوية يتمثل في الناحية الاقتصادية للأمر. فحاليًّا، يستغرق وصول أي عقار إلى السوق ما بين 13 و15 سنة، بمتوسط تكلفة يتراوح بين 2 و3 مليارات دولار أمريكي، وهو مبلغ في تزايد، برغم أن عدد الأدوية الحاصلة على موافقة كل عام مقابل كل دولار ينفق على التطوير، إمّا ظَلَّ على حاله، أو تَرَاجَع خلال معظم العقد الماضي[3] (انظر: «قانون إيروم»). لذا.. فإن العقاقير الثلاثة آلاف تقريبًا ـ الحائزة على موافقة بلد واحد على الأقل ـ تشكِّل موردًا كبيرًا غير مستغَل، إذا أمكن استخدامها لعلاج حالات أخرى، كما هو الحال بالنسبة إلى الآلاف التي تعثّرت في التجارب الإكلينيكية. ومن الممكن للكثير منها، مثل عقار إبسيلين، أن يتخطى تجارب المرحلة الأولى، وأن يُحْدِث تأثيرات جانبية أقل خطورة بكثير في مراحل لاحقة؛ منقِصًا بالتالي من تكاليف التطوير اللازم، مقارنةً بمركبات جديدة كلية. وتشير تقديرات إلى أن إعادة توظيف عقار ما تكلِّف نحو 300 مليون دولار في المتوسط، وتستغرق حوالي ست سنوات ونصف السنة. «أعتقد أن نسبة الأدوية التي يمكن – نظريًّا - إعادة توظيفها هي في الغالب حوالي 75%»، حسب تقديرات برنارد ميونوس، وهو زميل أول في منظمة «فاستر كيورز» FasterCures، التي تدعو إلى تطوير الأدوية، ومقرها واشنطن العاصمة، وهي عضو في المجلس الاستشاري للمركز الوطني للنهوض بالعلوم العابرة «NCATS» في معاهد الصحة الوطنية.

ومن الناحية العملية، ربما كانت النسبة أصغر قليلًا، كما يُقِر ميونوس. فما زال يتعين على العقاقير المُعَاد توظيفها اجتياز المرحلتين الثانية والثالثة من التجارب الإكلينيكية؛ للوصول إلى أهدافها الجديدة. وتستبعد تلك التجارب 68%، و40% على التوالي من كل مركّب يصل إلى تلك المراحل. وإلى جانب ذلك.. تواجه عقاقير عديدة حواجز اقتصادية، كأن تكون غير مغطاة ببراءة اختراع مثلًا، مما قد يثني شركات الأدوية عن المشاركة. «هل يمكن لبعض مشروعات إعادة التوظيف أن تنجح؟ بالتأكيد، لكن هل يمكن أن تحدث بشكل منهجي كنمط عمل مربح؟ هذا ما لا أعتقده»، حسب قول جون لاماتينا، وهو رئيس سابق للبحث والتطوير في شركة «فايزر» Pfizer، وشريك أول الآن في شركة أبحاث تكنولوجيا الرعاية الصحية «بيور تِك» PureTech في بوسطن بولاية ماساتشوستس.

> **«أعتقد أن نسبة الأدوية التي يمكن ـ نظريًا ـ إعادة توظيفها هي في الغالب حوالي 75%».**

على أي حال، ثمة ما يقرب من 30 مقالًا يُنشر حاليًّا في الدوريات العلمية كل شهر، ويدور حول حالات إعادة توظيف للعقاقير، وهي زيادة بستة أضعاف عن معدل ما نُشر في عام 2011. وتم إطلاق دورية متخصصة بهذا الشأن في العام الماضي، تحمل اسم Drug Repurposing, Rescue and Repositioning. كما يتم تأسيس ثلاث أو أربع شركات كل عام لإعادة توظيف العقاقير. وتشير تقديرات[4] إلى أن عدد العقاقير المعاد توظيفها، والمدْرَجة في قائمة انتظار الحصول على موافقة الجهات التنظيمية آخِذ في الارتفاع، وقد يشكل حوالي 30% من إجمالي العقاقير المعتمَدة كل عام.

يقول أندرياس بيرسيدس، الرئيس التنفيذي لشركة «بيوفيستا» Biovista في شارلوتسفيل بفيرجينيا، وهي واحدة من حوالي 40 شركة متخصصة حاليًّا في إعادة توظيف العقاقير: «لقد تجاوزنا المرحلة التي كان يتعين علينا فيها أن نشرح للجميع الفكرة التي نتحدث عنها. لقد أصبح المجال معروفًا، وتُعتبر الآن تقليديًّا في المرحلة الثانية من مسارات الاتجاهات العلمية العامة، التي ينضم إليها الكثيرون؛ للّحاق بركب التوجه العام».

نقطة الانطلاق

وتُعَدّ الأدوية العمومية ـ غير مقتصرة الملكية ـ هي الهدف الأسهل لعمليات إعادة التوظيف؛ إذ أنها موجودة في السوق منذ سنوات، وأنماط السلامة الخاصة بها معروفة بشكل جيد، كما إنها منخفضة التكلفة، ويسهل الحصول عليها من أجل التجارب الإكلينيكية، نظرًا لانتهاء فترة حماية براءة الاختراع التي كانت تتمتع بها من قبل. وإذا كانت تتضمن صيغًا جديدة، أو تطبيقات في أنواع جديدة من الاضطرابات، فبالإمكان تغطيتها ببراءات اختراع، أو منحها حقوق التفرّد في السوق لثلاث سنوات من قِبَل إدارة الغذاء والدواء الأمريكية «FDA». وهكذا، فإنها تبقى أهدافًا جذابة بالنسبة إلى الشركات.

تبدأ شركة «بيوفيستا» ـ على سبيل المثال ـ إجراء مسح أوتوماتيكي لكافة المعلومات المتاحة للعموم عن المركّبات العمومية، بدءًا من الأوراق العلمية وبراءات الاختراع، حتى قاعدة بيانات أيّ أحداث جانبية سلبية تقوم بتجميعها إدارة الغذاء والدواء الأمريكية. بعد ذلك.. تبتكر الشركة نوعًا من شبكة العمل الاجتماعية الخلوية، راسمة خرائط لجميع الارتباطات التي وجدتها بين العقاقير والمسارات الجزيئية والجينات، وغيرها من الكيانات ذات الصلة البيولوجية. ولذا.. يتجه التفكير نحو أنه كلما ازدادت الارتباطات المشتركة بين العقار والمرض؛ تَرَجَّح أن يكون مرشحًا جيدًا لعملية إعادة التوظيف. وبهذه الطريقة اكتشفت شركة «بيوفيستا» أن عقار «بيرليندول» Pirlindole ـ وهو عقار عام مضاد للاكتئاب، تم تطويره في روسيا، ويُستخدم هناك الآن ـ قد يكون علاجًا محتملًا لمرض التصلب المتعدّد. ففي النماذج الفأرية[5]، يبطئ العقار وتيرة تطور المرض، وهو الآن على وشك التقدم نحو دراسة لإثبات صحة هذه الفكرة في البشر. وقد حصلت الشركة على براءة اختراع جديدة للعقار، فضلًا عن علاج آخر مرشح لمرض التصلب المتعدد، وفي انتظار واحد آخر للصرع، وثلاثة للسرطان. وإلى جانب ذلك.. يُعَدّ ما يراه الأطباء في العيادات من مصادر المعرفة الأخرى. يقول موشيه روجوسنتزكي، الذي يرأس واحدًا من أوائل المراكز الأكاديمية لإعادة توظيف العقاقير، أنشئ خلال العام الماضي في جامعة آريئيل في إسرائيل: «كل عقار مضى عليه عدة سنوات في السوق له حوالي 20 استخدامًا غير ذلك المصدّق عليه، يبدأ الأطباء الممارسون ثلثيها، لكن يظل الأطباء الآخرون لا يعرفون شيئًا عنها، إذ يجد الأطباء الإكلينيكيون صعوبة في نشر نتائجهم».

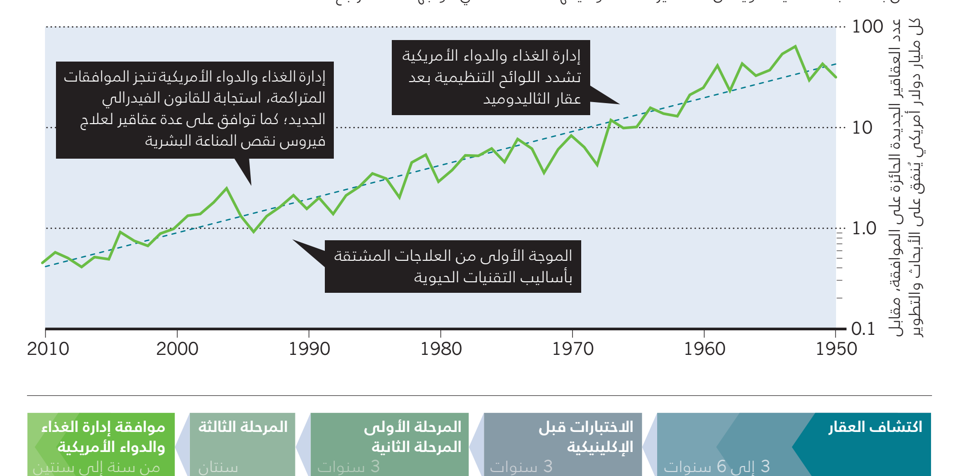
لذا.. يقوم روجوسنتزكي وفريقه بإجراء تدقيق منهجي لهؤلاء الممارسين في إسرائيل، واثنتي عشرة دولة أخرى، ويحاولون إيجاد آلية عمل لكل تأثير موثَّق، ويساعدون الأطباء للحصول على فترة حماية لبراءات الاختراع الخاصة بأعمالهم تلك، وجذب الأموال لمزيد من التجارب. كما يساعدون أيضًا مزيدًا من الناس للحصول على العقار، على أساس استعمالاته غير المصدق عليها. وكان من المقرر أن تبدأ المجموعة في شهر يوليو تجربة المرحلة الثانية لإعادة توظيف دواء عام للذبحة الصدرية، يُسمى «ديبيريدامول»؛ لعلاج مرض جفاف العين، أحد المضاعفات الشائعة التي تحدث لمن يقومون بعمليات زرع النخاع العظمي، وهم عرضة لإمكانية فقدان البصر، بسبب توقُّف أعينهم عن إنتاج الدموع.

فشلت، لكنها لم تُنس

إضافة إلى ذلك.. تُعد القائمة الطويلة للعقاقير الفاشلة من الأهداف المفضلة الأخرى. وغالبيتها اجتازت تجارب المرحلة الأولى، لكنها لم تنجح في المرحلة الثانية، إذ لم يكن لها التأثير نفسه على البشر، مثلما كان على الحيوانات. «ولا زال لا يوجد الكثير من المركّبات التي تتمتع بفعالية حيوية وآمنة على البشر في الوقت نفسه. فبحق السماء، دعونا نحاول

قانون "إيروم"

تتراجع فعالية أبحاث وتطوير العقاقير في الولايات المتحدة إلى النصف كل 9 سنوات تقريبًا. يطلق مطورو الأدوية على ذلك أحيانًا قانون "إيروم" Eroom. وهذا المسمى هو قراءة عكسية لاسم قانون "مور" Moore الخاص بالمعالجات الدقيقة. ويمكن للعقاقير المعاد توظيفها المساعدة في مواجهة هذا التراجع.



SOURCES: J. W. SCANNELL *ET. AL. NATURE REV. DRUG DISCOV.* **11,** 191–200 (2012); CYTHERA PHARMACEUTICALS

اكتشاف العقار
3 إلى 6 سنوات

الاختبارات قبل الإكلينيكية
3 سنوات

المرحلة الأولى المرحلة الثانية
3 سنوات

المرحلة الثالثة
سنتان

موافقة إدارة الغذاء والدواء الأمريكية
من سنة إلى سنتين

من 12 إلى 16 سنة، **~مليار إلى ملياري دولار**

مقياس زمني أقصر

نظرًا إلى أن معظم العقاقير المعاد توظيفها قد اجتازت بالفعل المراحل المبكرة من عمليات التطوير والاختبارات الإكلينيكية، فيمكنها أن تفوز بالموافقة في أقل من نصف الوقت، وبربع التكلفة.

إعادة توظيف العقار

~6 سنوات، **~300 مليون دولار أمريكي**

فعل شيء آخر بها»، كما يقول جريجوري بيتسكو، عالِم الأعصاب في كلية طب وايل كورنيل في مدينة نيويورك. تتمثل المشكلة في أنها ـ باستثناء تلك القديمة حقًّا، مثل عقار إبسيلين ـ عادةً ما تظل مُقْفَلًا عليها داخل أدراج الصناعة. يقول هيرمان ميوك، عالِم الكيمياء الحيوية، الذي أسس في عام 2000 شركة «إتش. إم. للاستشارات الدوائية» HM Pharma Consultancy في فيينا، والتي يعتمد مكسبها على البحث في المركبات الموقوفة: «أحيانًا تصدر الشركات بيانات رسمية عندما تتخلى عن مركّب ما، لكنها في معظم الأحيان لا تفعل ذلك. وهكذا نعمل على مراقبة عدد من المصادر، ونبحث عن العقاقير التي اختفت في هدوء، أو التجارب الإكلينيكية التي أُعلن عنها، لكن لم تُنشر أي نتائج عنها على الإطلاق». وعندما يشعرون أن هناك مجالًا لإعادة توظيفها؛ يتوجه ميوك وفريقه نحو مالك العقار المختفي؛ ويحاولون التوصل إلى اتفاق؛ لإجراء مزيد من الاختبارات وعمليات التطوير عليه، ويتشاركون أي أرباح تنتج عن ذلك. ويقومون أيضًا بإنشاء قاعدة بيانات لعقاقير كانت قد حصلت على الموافقة، لكنها لم تعد تُصَنَّع، وعقاقير كانت قد تم استبعادها أثناء عمليات التطوير. «إننا نطورها من أجل استخدامنا الخاص.. لكن إذا عثرنا على مستثمرين؛ فإننا حينها سنرغب في تحويلها إلى مورد عام».

في غياب مورد عام كهذا، عقد كل من مجلس البحوث الطبية في المملكة المتحدة «MRC»، والمركز الوطني للنهوض بالعلوم العابرة صفقات مع شركات الأدوية الكبرى، وأقنعاها باختيار بعض المركّبات المستبعدة، والكشف عما يكفي من المعلومات؛ لكي تتمكن المجموعات الأكاديمية من استنباط ما إذا كانت إعادة التوظيف ممكنة، أم لا. تقول كريستين كلوفيس، التي ترأس مهمة إعادة توظيف العقاقير في المركز الوطني للنهوض بالعلوم العابرة: «هناك الكثير من البحوث التي يمكن إجراؤها، لكنها لا تتم، لأن الأكاديميين ـ ببساطة ـ لا يعرفون ما تقوم به شركات الأدوية». وبرغم أن برنامج مجلس البحوث الطبية في المملكة المتحدة يهدف بشكل رسمي إلى مساعدة الباحثين على فهم بيولوجيا الأمراض، إلا أن كثيرًا من المجموعات التي يقوم المجلس بتمويلها ينتهي بها الأمر إلى القيام بأعمال إعادة توظيف مشوقة أيضًا. في جامعة مانشستر في المملكة المتحدة مثلًا، تقوم الطبيبة العالمة جاكي سميث باختبار مركّب، كان قد طُوِّر في الأصل لعلاج الحموضة، لمعرفة ما إذا كان يمكنه مساعدة الأشخاص الذين يعانون من السعال المزمن، أم لا، إلا أن برنامج المركز الوطني للنهوض بالعلوم العابرة قد تلقَّى بعض الانتقادات. «من الجيد أن تكون هناك مجموعات بحثية قد تمكنت من الوصول إلى بعض العقاقير، لكن ذلك يؤدي إلى ترك الغالبية العظمى منا خارج السياق»، حسب قول بيتسكو. «ولا يوجد ما يبين أن المركّبات الموجودة في تلك القوائم هي الأكثر أهمية حقًّا». أنفق المركز الوطني للنهوض بالعلوم العابرة 12.7 مليون دولار على 9 مشروعات في عام 2013، تقدّم ثمانية منها لتجارب المرحلة الثانية. وهي تتضمن عقارًا سابقًا للصدفية، يتم اختباره حاليًّا كعلاج يساعد في الإقلاع عن التدخين، وأقراصًا لم تنجح في علاج السكري، تحصل على فرصة ثانية الآن كعلاج لإدمان الكحول، وعقار فشل في علاج السرطان يُعد الآن علاجًا محتملًا لمرض الزهايمر. وبعد عام من الآن ستنشر النتائج الأولى لهذه الدراسات، حسب قول كلوفيس، مشيرة إلى أنه إذا سارت الأمور على ما يرام، فسيتطور بعضها على الأقل لما هو أبعد من ذلك. وفي ذات الوقت، استثمر المركز الوطني للنهوض بالعلوم العابرة مليوني دولار في العام الماضي في جولة أخرى من المشروعات.

قلب الطاولة

يقول ميونوس إنه على المدى الطويل، يمكن لعملية إعادة توظيف العقاقير أن تعرقل نمط أعمال شركات الأدوية الكبيرة بالطريقة نفسها التي انقلبت بها الموسيقى الرقمية على شركات التسجيل العملاقة في التسعينات. وحسب رأيه، «عندما تؤدي الجهود الحالية إلى بدء ظهور فيض من الموافقات في السوق، ونرى شركات صغيرة عديدة تعمل على تطوير عقاقير مقابل بضع ملايين من الدولارات، فستكون هناك منافسة مثيرة مع الشركات التقليدية»، إلا أن هذا التفاؤل ليس سائدًا على المستوى العالمي، حسب قول تودور أوبريا، باحث نظم المعلومات الحيوية في جامعة نيو مكسيكو في البوكيرك «ليست كل مشروعات إعادة التوظيف التي تنجح على الورق ممكنة التطبيق». ويضرب أوبريا ـ الذي يراقب المجال، إلى جانب قيامه بأعمال إعادة التوظيف الخاصة به ـ مثلًا بالتأثيرات الجانبية التي قد تكون مقبولة في حالة مرض مهدِّد للحياة لن تكون كذلك في حالة وجود مرض مزمن. إن نموذج العمل الأساسي لإعادة التوظيف ـ حيث تنخفض التكاليف نظرًا إلى أن اختبارات السلامة قد أُجريت بالفعل في السابق ـ يصلح فقط إذا بقيت الجرعة وطريقة التناول كما هي. وإذا كان المرض الجديد يتطلب جرعة أعلى بكثير، عندئذ يجب على العقار خوض تجارب المرحلة الأولى مجددًا. وفي النهاية، قد تكون تكاليف عملية التطوير مماثلة لتكاليف إنشاء مركّب جديد، على حد قول أوبريا.

ومن جانبه يتساءل لاماتينا عما إذا كانت الفرص متوفرة حقًّا بالقدر الذي يُظْهِره المؤيدون. فعندما تَختبِر الشركات مركبًا جديدًا، كما يقول، فإنها تُجْرِي مجموعة واسعة من الاختبارات على أهداف وأنماط خلوية متنوعة، لأنها تريد أن تضع توقعات لتأثيراته المحتملة. لذا.. إذا كان لعقار ما تأثيرات مثيرة بالفعل تتخطى التوقّعات، فسيكتشف علماء الصناعة ذلك بأنفسهم. «إنه لمن السذاجة بعض الشيء أن تعتقد أن الشركات ستتغاضى عن كل هذه الفرص من أجل المكسب التجاري»، كما يقول، ويتابع: «يتعلق الأمر بالأكاديميين عادة، الذين لا يعرفون ما يحدث في مجال الصناعة، والذين يعتقدون أن بوسعهم هم القيام بالأمر».

يجادل بيرسيدس بأن هناك شركات كثيرة شديدة التخصص بشكل يفوق استطاعتها الاستفادة من جميع فرص إعادة توظيف العقاقير المتوفرة لديها. فقد تملك تلك الشركات خبرة في مجال علم الأعصاب مثلًا، وقد تكون مخترِقة لتلك السوق، لكنها ليست كذلك في مجال علم الأورام؛ وقد تكون مسألةُ نقل عقار من مجال إلى آخر خارجَ نطاق استراتيجيتها. يقول بيرسيدس: «يستمر الأفراد مثلنا في الحصول على المكاسب التجارية، وذلك لأن الشركات الأكبر تقدِّر وجود شريك خارجي ينظر إلى عقاقيرها من زاوية مختلفة».

وفي النهاية، كما يقول أتول بوتي، المتخصص في المعلومات الحيوية بجامعة كاليفورنيا في سان فرانسيسكو، تُعَدّ عملية إعادة توظيف العقاقير عملية مكمِّلة لمسألة اكتشاف مركّبات جديدة، أكثر من كونها بديلًا عنها، فـ«نحن بحاجة إلى مزيد من الاثنين.. فمن خلال الطب الحديث، تتحسن قدرتنا على إدراك أن كل مرض هو في الواقع مجموع خمسة أو عشرة أمراض مختلفة. وببساطة، لا يوجد ما يكفي من الشركات لتطوير أدوية جديدة تعالجها كلها». ■

نيكولا نوسينجو كاتب مستقل، يعيش في روما.

1. Singh, N. *et al. Nature Commun.* http://dx.doi.org/10.1038/ncomms2320 (2013).
2. Singh, N. *et al. Neuropsychopharmacology* **41,** 1768–1778 (2016).
3. Scannell, J. W., Blanckley, A., Boldon, H. & Warrington, B. *Nature Rev. Drug Discov.* **11,** 191–200 (2012).
4. American Chemical Society. *International Year of Chemistry 2011: Activities Report of the American Chemical Society* (ACS, 2011); available at go.nature.com/1tbzmxn.
5. Lekka, E., Deftereos, S. N., Persidis, A., Persidis, A. & Andronis, C. *Drug Discov. Today Ther. Strateg.* **8,** 103–108 (2011).

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



رسّام الخرائط الكيميائية

يَستخدِم بيتر دورستين مطياف الكتلة؛ لرسم خريطة لعالَم الميكروبات.

بول تاليس

يمكن للطرق التي ابتدعها بيتر دورستين أن تكشف ما تقوم به الميكروبات في المجتمعات المعقدة.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

لو استثنينا جهاز المشي، فلن نجد في مكتب بيتر دورستين ـ الكائن في جامعة كاليفورنيا، سان دييجو (يو سي إس دي) ـ ما يميزه؛ إذ توجد به طاولة دائرية، حولها الكراسي المتراصة، وخزانة كتب محشوة بالدوريات العلمية، والأبحاث، والكتب، وبعض لوحات التكريم له، ولأبحاثه.

لكن دورستين يحب أن يتيح لزوّاره نظرة عن قرب؛ فيستدعي على شاشة حاسوبه نموذجًا ثلاثي الأبعاد للمكان، ليرى الزائرون أربعة أشخاص يجلسون حول الطاولة ـ أحدهم هو دورستين نفسه ـ وتبدو هيئتهم كما لو كان أحدهم لطخهم بطلاء زاهٍ. ولإنتاج مثل هذه الصورة، مسح باحثون كل الأسطح الموجودة في الغرفة ـ بما فيها الأشخاص ـ عدة مئات من المرات، ثم قاموا بتحليل هذه العينات باستخدام مطياف الكتلة؛ لكي يتعرفوا على المركبات الكيميائية الموجودة في كل موضع من الغرفة.

وتكشف هذه الصورة الكثير عن المكان، وعن الأشخاص الموجودين فيه.. فهناك اثنان من العاملين مع دورستين، لديهما شراهة لشرب القهوة؛ ولذا.. يلطخ الكافيين يديهما ووجهيهما، (فضلا عن بقعة كبيرة على الأرضية لبقايا قهوة انسكبت منذ زمن). أما دورستين نفسه، فلا يحتسي القهوة، لكنه خلّف آثاره في المكان كله، بداية من منتجات العناية الشخصية إلى بديل للسكر، لم يدرك هو نفسه أنه استخدمه أم لا. كما فوجئ كذلك بوجود طارد الحشرات «دي إي إي تي» على عدد من الأسطح التي لمسها؛ إذ لا يذكر أنه استخدم هذه المادة الكيميائية منذ ستة أشهر على الأقل.

كما ظهرت توقيعات لسكان المكتب الآخرين: وهي الميكروبات التي تستوطن الجلد البشري. ظل دورستين يستخدم مطياف الكتلة؛ لدراسة الجزيئات الصغيرة، أو الأيضات، التي تفرزها الميكروبات، ولكي يحصل على صورة أوضح للكيفية التي تتكون بها مجتمعات الميكروبات وتفاعلها -مع الميكروبات الأخرى، ومع مضيفيها من البشر، ومع البيئات التي تستوطنها.

قام دورستين بتحليل المجتمعات الميكروبية في النباتات، ومياه البحر، والقبائل النائية، وفي الرئات البشرية المريضة، وغيرها، في محاولة للاستماع لمحادثاتها الكيميائية؛ ليعرف كيف يخبرون بعضهم البعض بالأماكن الجيدة، أو السيئة، التي يمكن استيطانها، أو الطريقة التي يتصارعون بها على المناطق. ويمكن لهذه الأبحاث أن تعرِّفنا على ميكروبات لم يسبق التعرف عليها من قبل، والجزيئات المفيدة التي تنتجها، كالمضادات الحيوية مثلًا.

«تطبيقات هذه المقاربة البحثية واسعة للغاية»، حسب قول كيتي بولارد، عالمة الجينات المقارنة في معهد جولدستون في جامعة كاليفورنيا، سان فرانسيسكو. ولأنه يتعذر استزراع عديد من الميكروبات، أو دراستها بصورة مباشرة، تشرح لنا هذه العالمة أن «هذه المقاربات التي تحلل هذه الكائنات الحية في مواضعها تغيِّر من قواعد اللعبة تمامًا»، كما أنها تخاطب بعض أهداف المبادرة القومية للميكروبات، التي تبلغ تكلفتها 521 مليون دولار أمريكي، وأعلن عنها مكتب سياسات العلوم والتقنية في البيت الأبيض خلال شهر مايو الماضي. وقد كان دورستين حاضرًا أثناء الإعلان عنها.

وفي هذا المجال المنطلق بسرعة البرق، استطاع دورستين أن يميز نفسه، عن طريق بناء أدوات مفيدة، وتعاون مثمر. تقول جانيت جانسون، مديرة قسم العلوم الحيوية في مختبر باسيفيك نورثويست الوطني في ريتشلاند، واشنطن، إن «بيتر مهتم حقًّا، كما إنه مبدع جدًّا». وتتذكر جانسون زيارتها لجامعة كاليفورنيا في سان دييجو في شهر إبريل الماضي، عندما سألها دورستين عما إذا كان ممكنًا أن يمسح يدها؛ لكي يحصل على عيِّنة يستطيع استخدامها في واحد من أبحاثه. «قلت له: أجل، أود أن أفعل ذلك. أرغب في أن أشارك بطريقة ما في هذه الدراسة»، مضيفةً: «إنه نوع مثير وشيق من العلوم، يحب الناسُ أن يشاركوا فيه».

روك آند رول

نشأ دورستين في هولندا، وأصبح مولعًا بتسلق الصخور حينما زار أصدقاء عائلته في توكسون، أريزونا، عندما كان عمره 16 عامًا. وبسبب الطبيعة المسطحة لبلده الأم، قدم دورستين أوراقه للدراسة في جامعة أريزونا الشمالية في فلاجستاف، مدفوعًا في المقام الأول بقربها من الأبراج الحجرية العديدة الواقعة في منطقة الزوايا الأربع، التي تلتقي فيها ولايات أريزونا، ونيومكسيكو، وكولورادو، ويوتاه. وفي الجامعة، درس دورستين الجيولوجيا والكيمياء، لكنه كان مصممًا على السعي وراء شغفه بالتسلق، إلا أنه بعد فترة قصيرة من التخرج في عام 1998، مر بتجربة أثناء تسلقه للجانب الذي يبلغ طوله 900 متر من جبل الكابيتان في منتزه يوزيمايت، كاليفورنيا، جعلته يعيد النظر في خطته.

كان يتشبث بصخرة على ارتفاع قدره 50 مترًا عن آخر نقطة تثبيت، عندما أدرك أنه إذا ما حدث وأفلتت يداه الحبل؛ فإنه سيهوي لمسافة 100 متر، قبل أن يشده حبل السلامة ويسحقه على الجرانيت. يقول دورستين إنّ ما أزعجه لم يكن الشعور بالخوف، بل انعدام الإحساس به. «فكرتُ في أنني إذا ما ظللتُ أفعل ما كنت أفعله؛ فإن خاتمتي لن تكون حسنَة»، حسب ما يتذكر. و«لذا.. هبطتُ».

وفي هذا اليوم، قاد سيارته إلى المنزل في فلاجستاف، وشرع في ملء استمارات التقديم للدراسات العليا. وانتهى به المطاف في جامعة كورنيل في إثاكا، نيويورك، حيث درس الكيفية التي تنتج بها الميكروبات الجزيئات الصغيرة، من قبيل فيتامين ب1. وفي تلك الجامعة تعرَّف دورستين لأول مرة على مطياف الكتلة.

ويشمل مطياف الكتلة بصورة عامة تكسير الجزيئات المعقدة، ومن ثم تأيينها، وقياس كتلة هذه الشظايا الناتجة، التي يمكن عن طريقها حساب مكونات الجزيئات الأصلية. ويستخدم دورستين تَمَاثُل الرمز الشريطي، إذ ينتج مطياف الكتلة بطاقة تعريف مميزة لكل مركب كيميائي موجود في العينة.

بدأ دورستين دراسة ما بعد الدكتوراة في مختبر نيل كيلهر، عالِم الكيمياء البيولوجية في جامعة إلينوي في أوربانا شامبين، مدفوعًا باهتماماته بالتقنية. وكان كيلهر رائدًا لجهود استخدام مطياف الكتلة «من أعلى إلى أسفل»، التي تحلل بموجبها البروتينات من غير أن تفكك باستخدام القياس. وتسمح هذه المقاربة للباحثين بتعريف التعديلات الصغيرة التي حدثت للبروتينات، غير أنها عملية بطيئة. وخلال شهرين من وصوله إلى إلينوي، تَمَكَّن دورستين من تطوير مقاربة أسرع، سمحت له بفحص بعض الإنزيمات الضخمة بشكل منظم[1]. يقول: «ما قمنا به في الأساس هو اختصار عمل سنين إلى يومين». وانتهى الأمر بدورستين إلى تأليف 17 بحثًا في عامين. يقول كيلهر: «يتميز بيتر بهذا المزيج الفريد من الابتكار والحيوية، إضافة إلى مقدرة فائقة على إكمال المشروعات» حسب قول كيلهر، الذي يعمل الآن بجامعة نورثويسترن في إلينوي.

انضم دورستين إلى جامعة كاليفورنيا، سان دييجو في عام 2006، إلا أن البداية الحقيقية بالنسبة له كانت حينما صادق بالمر تيلور، عميد مدرسة الصيدلة في الجامعة حينها، على شراء جهاز مطياف الكتلة من نوع مالدي-توف (اختصار لامتزاز الليزر بمساعدة مصفوفة/ تأين زمن الطيران)، الذي سمح لدورستين بالقيام بالتصوير عن طريق مطياف الكتلة، الذي يقول عنه إنه «غيّر العالَم من حوله».

محاربو الفضاء

وإضافة الى التعرف على الجزيئات في عيِّنة ما، يمكن للتصوير عن طريق مطياف الكتلة أن يوفر معلومات مكانية. ويَستخدِم جهاز مالدي-توف الليزر لتسخين الجزيئات وتأيينها. وبمسح ذلك الليزر عبر عينة ثنائية الأبعاد، يصبح بمقدور الباحثين أن يحصلوا على «صورة» تُظْهِر تحديدًا أين تكمن الجزيئات في العينة. ويمكن استخدام هذه التقنية للتعرف على المؤشرات الحيوية في شرائح الأورام، وتحديد موضعها، لكن شغف دورستين بالميكروبات جعله يتساءل عما إذا كان من الممكن أن يأخذ مستعمرات بكتيرية في طبق «بتري»، ويقوم بمسحها مباشرة؛ ليرى نواتج أيضها.

لم يسبق لأحد القيام بذلك. ويشك دورستين أن مَن سبقوه خافوا من أن تتعرض أجهزة مطياف الكتلة الباهظة خاصتهم للاتساخ. «والواقع أنّ وضْع الميكروبات مباشرة على الجهاز سلوك ينم عن عدم النظافة». لذا.. فقد بدأ بتجربة بسيطة، إذ طلب من الطالبة الجامعية ساره ويتز أن تقوم بمسح مستعمرة من البكتيريا العصوية.

والصور التي حصلت عليها «لم تكن الأجمل»، حسب قول دورستين، إلا أنها دلَّت على نجاح العملية. وقام بإرسال الصور إلى بول ستريت، عالِم الأحياء الدقيقة، الذي كان قد انضم لتوه إلى هيئة التدريس في جامعة تكساس إيه آند إم في كوليج ستيشن. يقول دورستين: «أنا واثق من أنه كان فاغرًا فاه». وقام الفريقان باستخدام مطياف الكتلة، لتصوير مستعمرات البكتيريا العصوية الرقيقة والبكتيريا المتسلسلة التي استزرعت جنبًا إلى جنب. وباستكشاف المواضع التي تفاعلت فيها هذه المستعمرات، تمكَّن الباحثون من التعرف على الجزيئات التي تستخدمها الميكروبات للتنافس مع بعضها البعض[2].

يقول دورستين إن تصوير حرب التسلح هذه جعلته يعود بتفكيره إلى عام 1928، حينما استطاع ألكسندر فليمنج أن يعزل البنسلين من الفطر الذي قتل البكتيريا الموجودة في أحد الأطباق. ومطياف الكتلة يستطيع أن يفصح عن كيمياء هذه التفاعلات بسرعة، ولربما استطاع كذلك أن يسرع من وتيرة البحث عن مضادات حيوية جديدة.

قرر دورستين أن يحول وجهة تركيز الأبحاث في مختبره ـ بشكل شبه حصري ـ إلى هذه الطرق، وكان حينها باحثًا في بداية حياته المهنية، وثبّطه كل من عرفه تقريبًا عن القيام بهذه المخاطرة الكبيرة، إلا أن تيلور دفعه لتقديم أوراق التثبيت الوظيفي من غير إبطاء. يقول تيلور : «مقدرة بيتر على التفكير خارج الصندوق في المجالات التحليلية والحاسوبية كانت بادية للعيان. إنّ أبحاثه انطلقت بسرعة شديدة».

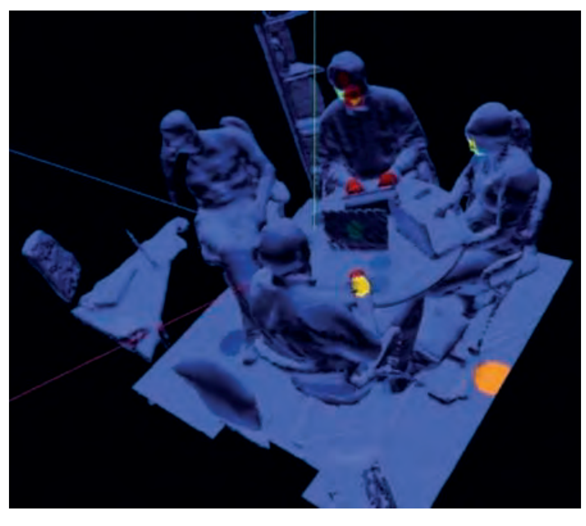
والمشكلة في تفحُّص العينات القذرة أنها تنتج بيانات فوضوية. ومسح الميكروبات ينتج آلاف الرموز الشريطية، لكن يصعب ـ إلى حد كبير ـ معرفة ما ترمز إليه؛ إذ لم يتم تذييلها. يقول دورستين: «الأمر يعادل النظر أسفل عمود الإنارة»، مضيفًا: «يمكننا فقط أن 'نرى' الجزيئات التي تم التعرف عليها من قبل. أما الغالبية العظمى من هذه

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

المركّبات، فلم يتم التعرف عليها بعد». ويمثل هذا الأمر تحديًا كبيرًا في هذا المجال، حسب قول جانسون، الذي يقول إنه «من الممكن تحليل الخواص بواسطة مطياف الكتلة، لكن من الصعب جدًّا أن يتم التعرف على طبيعة هذه الخواص».

وللمساعدة في إعطاء معنى لهذا الكَمّ من البيانات، عمل دورستين مع نونو بانديريا، عالِم البيولوجيا الحاسوبية في جامعة كاليفورنيا، سان دييجو، على مقاربة تمكّنهما من تصنيف الرموز الشريطية والمركّبات المرتبطة بها، حسب علاقاتها بالجزيئات التي تم تعليمها[3]. وتسمح هذه المقاربة للباحثين بالتنبؤ الحاسوبي ببِنَى وخصائص آلاف المركّبات الأيضية، إلا أنه ما زال هناك شح في الشرح. ورغم أن آلاف الأشخاص حول العالم يجرون أبحاثهم على مطياف الكتلة، إلا أن أغلبهم يشرح فقط الجزيئات القليلة التي يهتمون بها.

لذا.. وبداية من عام 2014، بدأ دورستين وطالِب الدراسات العليا في مختبر بانديريا، مينجسن وانج، في تطوير طريقة لجمع هذه الشروح. وأطلقا موقع التشبيك العالمي للجزيء الاجتماعي للمنتج الطبيعي، وهو بمثابة مستودع وأداة تحليل البيانات، يمكِّنا الباحثين من الكشف عن العلاقات ما بين الجزيئات ذات الصلة، وتجميع المتشابهة منها، ومقارنة حزم البيانات. يقول جانسون «هذا أمر استحدثه دورستين في هذا المجال، وساعد الكثيرين حقًّا».



DATA: A. BOUSLIMANI/C. KAPONO/T. ALEXANDROV; VIDEO FRAMEGRAB: P. DORRESTEIN/UCSD/COLLABORATIVE MASS SPECTROMETRY INNOVATION CENTER

يَظهَر الكافيين على هيئة بقع ملونة في التصوير ثلاثي الأبعاد.

العمل الجماعي

أحد مفاتيح نجاح دورستين هو تعاونه مع الباحثين الآخرين، ومنهم روب نايت، أحد روّاد حقل تتابع الحمض النووي DNA، والحمض النووي الريبوزي RNA للميكروبات، ويعمل في المبنى المقابل لمختبر دورستين. وقد وحّد العالِمان جهودهما، بحيث دمجا الكشف عن التتابع مع مطياف الكتلة. وفي العام الماضي، أخذت باحثة ما بعد الدكتوراة في مختبر دورستين، أمينة بو سليماني، عيِّنات من متطوع ومتطوعة من 400 موضع من جسميهما، مرتين. وذهبت إحدى العينات من كل موضع إلى مختبر نايت، لكي يتم التعرف على تتابع الميكروبات فيها، بينما ذهبت العينات المقابلة لقياسها بمطياف الكتلة؛ للتعرف على الجزيئات الكيميائية، والطبيعية، والصناعية، التي توجد مع الميكروبات.

امتنع المتطوعون في هذه الدراسة عن الاستحمام، أو استخدام مواد التجميل لمدة ثلاثة أيام، إلا أن النمط الكيميائي المميز لمئات الأنواع من الميكروبات في العينات كان مغمورًا بكيماويات منتجات النظافة والتجميل[4]. ورغم ذلك.. استطاع الباحثون أن يجدوا روابط بين مجتمعات الميكروبات والكيمياء الموضعية. فعلى سبيل المثال.. ارتبطت البكتيريا الموجودة في منطقة المهبل بمركّبات ذات صلة بالالتهاب. ويقول دورستين إن مثل هذا الترابط يمكن أن يُستخدم لتوليد فرضيات عن التفاعلات ما بين الميكروب والمضيف.

وتقوم بو سليماني حاليًّا بتحليل عينات من أيادي متطوعين، ومن أغراضهم الشخصية، مثل هواتفهم المحمولة. وقد أظهر هذا البحث ـ الذي لم يصل بعد إلى مرحلة النشر ـ أن الناس يتركون توقيعات كيميائية دائمة على كل جسم يلمسونه، مثل تلك التوقيعات الواضحة في صورة مكتب دورستين.

ويعتقد بو سليماني ودورستين أن هذه الطريقة قد تصلح للتطبيق في مجال علوم الأدلة الجنائية، إذ يمكن أن تؤخذ عينة من المشتبه فيه؛ لتحديد ما إذا كان التوقيع الكيميائي لجلده ـ أو لجلدها ـ يتطابق مع ما تم رصده في مسرح الجريمة، أم لا. كما أنه في حال غياب أدلّة، سواء حمض نووي، أو بصمات؛ فيمكن للمركّبات الكيميائية التي يخلفها وراءه أن تمدنا بمعلومات عن نمط حياته: رسم توضيحي مركّب من المنتجات التي يستخدمها، وخليط الميكروبات التي يحملها. تقول بوسليماني: «وربما يساعد التوقيعُ الكيميائي المحقّقين على تضييق دائرة مَن وُجِدوا في المكان».

وفي العام الماضي، شكل دورستين فريقًا مع عالمة الأحياء الدقيقة في جامعة نيويورك، ماريا دومينيجز-بيلو، وآخرين من الراغبين في رؤية كيف يبدو الجلد البشري وتنوعه الميكروبي عند الأشخاص الذين نشأوا في حِلٍّ من قيود العالَم المتقدم. وقاموا لهذا الغرض بتجميع عيِّنات من القبائل النائية.. واحدة من قرب مانوس في البرازيل، وأخرى من سلالة الهدزا في تنزانيا، وقارنوها بالعينات من أشخاص غير قبليين، لكنهم يعيشون على مقربة من هذه القبائل. وباستخدام تقنيات مطياف الكتلة التي طوَّرها دورستين، وجدوا أن الأشخاص الذين ينتمون إلى القبائل لديهم مجتمعات ميكروبية أكثر تنوعًا، وكيمياء جلدية أكثر غِنًى من نظائرهم الذين يعيشون نمط حياة أحدث. وكَشَفَ هذا البحث ـ الذي ما زال مستمرًا ـ عن بعض المفاجآت أيضًا، حسب قول دورستين، إذ اتضح أن جلود بعض الأشخاص من إحدى القرى البرازيلية تحتوي على مقدار من المركّبات الصيدلانية، مما يدل على أنهم على اتصال بالغرباء بدرجة تفوق ما كان متوقعًا.

ولدورستين طريقة في الانحناء إلى الأمام، ويكاد يقف على أطراف أصابعه من فرط الحماس حين يتحدث عن التقنية، وكيف يمكن أن تساعد في تقييم صحة المحيطات، أو في رفع درجة فعالية الزراعة، التي هي أحد الأسباب الرئيسة لانبعاثات الغازات الدفيئة، لكن حينما يُسأل عن الكيفية التي يختار بها المشروعات التي يرغب في دراستها، فإن أول ما يذكره هو أبحاثه على صحة البشر. «وبالنسبة لنا، فهذا تطبيق واضح جدًّا ومباشر لما نقوم به. فنحن نريد أن نساعد المرضى»، حسب قوله.

وشكّل دورستين فريقًا أيضًا مع نايت، دووج كونراد ـ مدير عيادة التليف الكيسي للبالغين في جامعة كاليفورنيا، سان دييجو ـ وآخرين؛ لتطوير اختبار تشخيصي ميكروبي سريع. فالتليف الكيسي يتسبب في تراكم المخاط في الرئة، التي تصبح عرضة للإصابة المتكررة بالبكتيريا. وتتطلب هذه العدوى علاجًا سريعًا وصارمًا، عن طريق تعاطي المضادات الحيوية. وفي بعض الأحيان يمكن أن تطوِّر البكتيريا مناعة ضد هذه الأدوية. وقد استطاع دورستين ومعاونوه أن يوضحوا[5] كيف أن تحليل بيانات مطياف الكتلة لعيِّنة من البلغم أُخذت من أحد مرضى التليف الكيسي يمكن أن تساعد في التعرف على مجتمعات ميكروبية لا تستطيع اختبارات الاستزراع الطبية التقليدية أن تتعرف عليها.

ويقوم لويس-فيليكس نوثياس-سكاليا ـ باحث ما بعد الدكتوراة، انضم إلى مختبر دورستين هذا العام ـ بإعداد خريطة لجلد المصابين بالصدفية، وهو مرض يُعتقد أن سببه يكمن في جهاز مناعي مفرط النشاط. ويقول نوثياس-سكاليا إنه إذا ما وُجِدت بعض الجزيئات التي تنتجها بكتيريا معينة وقت اشتداد أعراض المرض، واختفت في وقت تعافي الجلد؛ فإن هذا قد يدلّنا على أدوية يمكنها أن تعالج هذا المرض، بل وتقي منه. وحتى مجرد القدرة على استخدام التغيرات الميكروبية للتنبؤ بمواعيد اشتداد المرض، قد تساعد المرضى على تقليل استخدامهم للأدوية التي تضعِف المناعة.

إنّ تحويل هذه التقنية كثيفة البيانات إلى فحوص معملية قياسية سوف يواجَه بتحديات كبيرة. يقول كونراد: «إن الساخرين سيقولون إنها شديدة التعقيد، ولن يكون لها مستقبل»، مضيفًا: «وإلى درجة ما، أستطيع أن أتفهم ذلك، إلا أن هذه طريقة جيدة لإبقاء كل شيء على ما هو عليه».

ويرغب دورستين ـ دون شك ـ في تغيير ما عليه الحال، خصوصًا بالنسبة إلى حقل أبحاث الميكروبات المزدهر. وهو يرى أن هذا المنهج يمر بمراحل.. ففي البداية، كان التركيز على تحديد هوية الميكروبات. وفي الطور الثاني، يكون العمل على تحديد طبيعة ما تقوم به هذه الميكروبات، باستخدام تقنيات معينة، من قبيل مطياف الكتلة.

إذَن، ما الذي يقود إلى إقامة هذه المجتمعات؟ وما هي العمليات الأيضية التي تحدث فيها، وما هي الكيفية التي تتفاعل بها هذه المجتمعات مع بعضها البعض ومع مضيفها؟ يقول دورستين: «إذا ما استطعت أن تفهم كل هذا بطريقة أساسية؛ فإنك تستطيع التحكم». وهذا هو الطور الثالث، حسب قوله، والمقصود به أَخْذ زمام الأمور. وعن طريق مراقبة المجتمعات الميكروبية، هل من الممكن أن نضيف العناصر اللازمة لتغيير صحة شخص ما، أو تعديل مزاجه، أو قدراته الرياضية؟ يعتقد دورستين أن إجابة هذه الأسئلة موجودة أمام عينيه. وكل ما يحتاجه هو أن يمعن النظر فحسب. ■

بول تاليس صحفي حر يقيم في لوس أنجلوس، كاليفورنيا.

1. Dorrestein, P. C. *et al. Biochemistry* **45,** 12756–12766 (2006).
2. Yang, Y.-L., Xu, Y., Straight, P. & Dorrestein, P. C. *Nature Chem. Biol.* **5,** 885–887 (2009).
3. Watrous, J. *et al. Proc. Natl Acad. Sci. USA* **109,** E1743–E1752 (2012).
4. Bouslimani, A. *et al. Proc. Natl Acad. Sci. USA* **112,** E2120–E2129 (2015).
5. Quinn, R. A. *et al. ISME J.* **10,** 1483–1498 (2016).

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



JOHN STANMEYER/NGC

مهاجرون صوماليون يتجمهرون على شاطئ جيبوتي ليلًا، في محاولة لالتقاط إشارة إحدى شبكات الهاتف المحمول زهيدة التكلفة.

لجنة التقدم الاجتماعي تسعى وراء مشاركات الجمهور

يشرح **مارك فلوربي** وزملاؤه كيف ولماذا يتعاون 300 عالِم وباحث متخصص في مجال العلوم الاجتماعية والإنسانيات؛ لتجميع المعرفة لصناع السياسات.

تنتشر اللجان الدولية التي تضم خبراء في مختلف المجالات في جميع أنحاء العالم؛ بهدف تنسيق المعرفة العلمية. فثمة لجان متخصصة في التغير المناخي، والتنوع الحيوي، والتلوث الكيميائي، والأمن الغذائي، والانتشار النووي، وغيرها، وجميعها تشغلها القضايا طويلة الأجل، التي لها عواقب اقتصادية، واجتماعية، وسياسية، وثقافية عميقة.

وتمثل تلك المشكلات ـ وما يحيط بها من شكوك ـ تحديات غير مسبوقة أمام مجتمعاتنا. وتأتي معوقات عديدة تعترض طريق التوصل إلى حلول لتلك «المشكلات البغيضة» ـ متعددة العوامل، والمعقدة بصورة استثنائية ـ وتنفيذ تلك الحلول، من تراخي المؤسسات وعدم تعاونها مع بعضها البعض، وعدم توافق المواثيق والاتفاقيات وأشكال العمل الجماعي الأخرى.[1] وفي الوقت نفسه، ما زلنا نواجه تهديدات تقليدية عديدة؛ فالحروب، والعنف، والإرهاب، وغيرها أشكال الرعب والفزع تتمخض عنها عراقيل كبرى، وحالة من التزعزع وعدم الاستقرار، في حين يفرض غياب المساواة واتساع الفجوة بين فئات المجتمع قيودًا متزايدة على تماسك النسيج الاجتماعي.

وكُلُّ هذا يلقي بظلال من الشك على قدرتنا الجماعية على تحقيق أهداف الاستدامة العالمية، وضمان مستقبل جيد للأجيال اللاحقة. ولا ترق الاستجابات حتى الآن إلى مستوى الطبيعة الحرجة والمُلحة للتحديات. وقد بُذلت جهود مضنية فيما يتعلق بتبنِّي أهداف التنمية المستدامة التي وضعتها الأمم المتحدة واتفاقية باريس للمناخ، غير أن عملية صنع السياسات غير المجدية ومحدودة الأفق في عديد من البلدان مثيرة للقلق بشدة، وكذلك تعثُّر محاولات التعاون على الساحات الدولية، كما في منظمة التجارة العالمية والاتحاد الأوروبي، وعودة التوجهات المناهِضة للديمقراطية. ويُعَدّ غياب رؤية إيجابية ومتسقة طويلة الأجل لما يمكن أن نتطلع إلى تحقيقه جميعًا من العوامل الرئيسة المسؤولة عن حالة العجز التي نعاني منها حاليًّا.

وقد أصبح وضع تلك الرؤية هو مهمة لجنة جديدة، انعقدت خلال العام الماضي، وهي «اللجنة الدولية للتقدم الاجتماعي». وتتألف اللجنة من أكثر من 300 باحث في مجال العلوم الاجتماعية والإنسانيات، تنظمها مؤسسة «دار علوم الإنسان» في باريس وجامعة برنستون في نيوجيرسي. وتُعِدّ اللجنة تقريرًا حول الاتجاهات التي يمكن أن تسلكها البشرية في القرن الواحد والعشرين؛ لخلق مجتمعات أفضل. ويشغل فريقنا عضوية اللجنة التوجيهية، ويشترك اثنان منَّا (رافي كانبور، وهيلجا نواتني) في رئاسة المجلس العلمي. وفي غضون الأشهر القليلة المقبلة، ستنشر اللجنة المسودة الأولى لتقريرها.

ونحن ندعو جميع الباحثين وصناع السياسات ◄

◀ والمفكرين والشركات والمنظمات غير الحكومية والمواطنين لأنْ يشاركونا آراءهم وتقييماتهم أثناء الفترة المتاحة لتقديم التعليقات. ففي الفترة من شهر أغسطس إلى شهر ديسمبر 2016، سيكون بوسع الأطراف المهتمة أن تقدم آراءها على موقع اللجنة، www.ipsp.org، الذي سيشمل منصّة للتعليقات، ومنتديات نقاشية، واستبيانات. ونأمل ـ في نهاية المطاف ـ أن يعكس التقرير النهائي ـ الذي ستثريه تلك الآراء والمشاركات ـ جدلًا دوليًّا مفتوحًا واسع النطاق حول «السعي إلى تحويل المجتمعات إلى مدن فاضلة».

تقرير شامل

تَغَذَّت العلوم والتكنولوجيا الحديثة على الاعتقاد القوي بأنها تقود إلى التقدم الاجتماعي، لكنْ بات جليًّا الآن أن هذه العلاقة أكثر تعقيدًا مما تبدو عليه. وقد أسهمت التطورات البارزة في العلوم الاجتماعية وعلم الإنسانيات منذ الحرب العالمية الثانية في خَلْق فهم أفضل بكثير. فعلى سبيل المثال.. تعرضت مزايا وأوجه قصور اقتصاد السوق وتدخلات القطاع العام للدراسة المتأنية في النقاط التي تلتقي فيها علوم الاقتصاد والعلوم السياسية وعلم الاجتماع وعلم الإنسان. ولا تزال دوافع غياب المساواة تخضع للنقاش، وكذلك السبل الممكنة لعلاجها، بيد أن هذا الخطاب أصبح الآن أكثر تقدمًا، وتحديدًا بفضل وجود بيانات أفضل.

وقد تزامنت هذه التطورات مع زيادة نطاق التخصص داخل كل مجال، وبين المجالات وبعضها البعض، وتزايد الوعي باختلاف وجهات النظر الإقليمية. وهذا من شأنه أن يجعل من المستحيل لباحث واحد ـ أو حتى مجموعة صغيرة من الخبراء ـ تجميع المعرفة المتراكمة.

ومن ثم، فإن وضع هذا التقرير الشامل الذي سيكون متاحًا لصناع السياسات والجهات الفعالة على المستوى الاجتماعي يحتاج إلى جهد ضخم، وعلى درجة عالية من التنسيق. وتجمع اللجنة الدولية للتقدم الاجتماعي علماء في مختلف المجالات: علم الاقتصاد، وعلم الاجتماع، والعلوم السياسية، والقانون، وعلم الإنسان، والتاريخ، والعلوم والتكنولوجيا، والفلسفة. وتتضمن اللجنة ممثلين من جميع أنحاء العالم، 40% منهم من السيدات. ويعكس التشكيل الجغرافي للجنة تمثيلًا نسبيًّا للمخرجات الأكاديمية القومية، وهو ما يعني ـ للأسف ـ أن الدول غير الغربية لا تحظى بتمثيل يتناسب مع تعداد سكانها، بل إن معظم ممثلي تلك الدول يعملون بالفعل في الدول المتقدمة. وتنقسم اللجنة إلى 22 فرعًا، يختص كل منها بموضوع محدد، وخمس أقسام تتناول قضايا متشعبة متعددة الجوانب (العلوم والتكنولوجيا، والنوع، والهجرة، والصحة، والحركات الاجتماعية).

وتقع هذه الأقسام في 3 أجزاء: يتناول أحدها التحولات الاجتماعية-الاقتصادية، ويدرس النمو الاقتصادي، والعقبات البيئية، وعدم المساواة، والعمالة، والتطوير الحضري، والأسواق، والشركات، ودولة الرفاهية. والجزء الثاني يختص بالحوكمة، حيث يستكشف توجُّهات وخيارات المؤسسات الديمقراطية، وسيادة القانون، والحوكمة العالمية، والمنظمات متعددة الجنسيات، والنزاعات المسلحة، وكذلك الصور المتجددة والمتغيرة لوسائل الاتصال والإعلام. أما الجزء الثالث، فيدرس مصادر وتبعات التحولات في الثقافات والقيم، والديانات، والعائلات، والصحة، والتعليم، وكذلك الهويّات، والروابط الاجتماعية.

ومن بين المشكلات التي تخضع للدراسة: التحول من الإنتاج والاستهلاك إلى الرفاهية؛ وأهمية التصميم الحضري في تشكيل العلاقات الاجتماعية؛ والتحول في دور دولة الرفاهية؛ ومساءلة المؤسسات الديمقراطية في عالم يعيش حالة من العولمة، والتنوع المثير للجدل لمفاهيم الأسرة والتوجهات الجنسية.

تأثير واسع النطاق

إنّ هذا الإطار الواسع سيجعل من الممكن في التقرير النهائي اقتراح منظور شامل حول تطور المجتمعات في العالم. وقد تُركَت مثل هذه النظرة الشاملة بشكل عام للإعلام والمثقفين المعروفين، ومن ثم يجب أن يستعيد مجتمع البحث العلمي زمام السيطرة عليها، من خلال حشد ما لديه من خبرات ومهارات.

ويأمل أعضاء «اللجنة الدولية للتقدم الاجتماعي» في التأثير على مختلف فئات الجمهور والإجراءات. ويتمثل هدفهم الأساسي في الدخول في حوار مع المواطنين والجهات الفعالة على المستوى الاجتماعي (المنظمات غير الحكومية، والمفكرين) وصناع السياسات، مع إمدادهم بأفكار مفيدة يمكنها أن تثري النقاشات، وتوجِّه الإجراءات التي يجب اتخاذها.

ومن بين الأهداف الأخرى التي يسعى إليها الأعضاء: الوصول إلى الباحثين، وكذلك المنظمات البحثية المحلية، والقومية، والعالمية. فعلى سبيل المثال.. حشدت الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ «IPCC» الأبحاثَ الخاصة بعلوم المناخ والسياسات، من خلال إسهامات مشابهة. وسيقدِّم تقرير اللجنة مراجعة مهمة للمؤلفات الخاصة بالتقدم الاجتماعي، حيث سيعمل على تحديد النقاط المُجْمَع عليها، والنقاط المثيرة للجدل، والفجوات المعرفية. كما سيقدم أيضًا بعض الآراء المبتكرة، التي تشمل أساليب سياسية بديلة، وطرقًا لتحديد إطار المشكلات. وعلى سبيل المثال.. غالبًا ما تتم مناقشة تقليل الفجوة الاجتماعية من ناحية ضريبة الدخل وإعادة توزيع الثروة، ولكن يمكن أيضًا السعي لتحقيق هذا الهدف، من خلال حوكمة سوق العمل، وتحقيق دخل جديد من السياسات البيئية.

وللوصول إلى هذا الجمهور المتنوع، ستقوم اللجنة بإنتاج مجموعة متنوعة من المخرَجات. وسيجمع التقرير ـ الذي يتألف من 3 مجلدات ـ عمل الاثني وعشرين فرعًا كلها. كما سيصدر كتاب أصغر، من إعداد فريق عمل صغير، موجَّه إلى الجمهور، ويضم ملخصًا، وما توصلت إليه اللجنة من نتائج. كما سنصدر دليلًا إرشاديًّا بالإجراءات الموصَى بها لجميع الأطراف المعنية، وكذلك مقابلات مصورة ومحادثات ومباحثات. ويحاكي هذا النهج القائم على الترويج للأفكار علانيةً بعضَ الجهات، مثل منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية، التي لديها ـ على سبيل المثال ـ موقع تفاعلي خاص بها بمؤشر حياة أفضل، هو: (www.oecdbetterlifeindex.org).

المزايا والعيوب

يمكن أن تكون العملية التي تقوم بها اللجنة مفيدةً للجان أخرى؛ حيث يقدم التقرير توصيات على عكس ما تقوم به الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، التي تتجنب استخدام لغة توجيهية، (على الرغم من أن التقرير الأخير لها شهد بَذْل جهود خاصة؛ لتوضيح المشكلات الأخلاقية، وتقدير الأحكام التي تَضَمَّنتها عملية صناعة السياسات[2]). ومن أجل احترام تنوُّع الآراء ووجهات النظر بين القراء والمستخدمين، ستكون كل توصية من التوصيات التي تصدرها اللجنة الدولية للتقدم الاجتماعي مرتبطة بتوضيح للقيم والافتراضات التي تستند إليها.

ويمكننا أن نتساءل.. هل يمكن للجنة ما التأثير على صناع السياسات؟ على عكس الهيئة الحكومية الدولية المعنيّة بتغير المناخ، فإن اللجنة الدولية للتقدم الاجتماعي ليست مؤسسة تخضع لقيادة الحكومة؛ إذ إنها مبادرة من أسفل إلى أعلى، تنسِّقها مجموعة من علماء الاجتماع والباحثين، يتمتعون بحرية تحديد نطاق تحليلهم. ولهذا.. فللاستقلال العديد من المزايا والعيوب أيضًا.

على صعيد المزايا.. يمكن أن يكون التقرير أكثر ذكاء وصراحةً من تقارير الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيُّر المناخ، إذ إنه لا يتطلب موافقة أي حكومات. ونأمل أن تكون هذه الحرية ميزة للوصول إلى مجموعة أكبر من الأطراف المعنية، مثل المنظمات غير الحكومية، والاتحادات العمالية، ومراكز الأبحاث، والنشطاء. وسيتضمن نشاط الاستشارات في النصف الثاني من هذا العام عقد اجتماعات مع صناع القرار، مثل منظمات الأمم المتحدة، والمنتدى الاجتماعي العالمي، والمنتدى الاقتصادي العالمي، ومنظمة التعاون الاقتصادي والتنمية، والبنك الدولي.

هذا.. غير أن إجراءات الحصول على الموافقات الرسمية على طريقة الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ تتيح مساحة مؤسسية، حيث يمكن للخبراء وصناع القرار فيها التعبير عن وجهات نظرهم[3]. ودون هذا الهيكل التنظيمي، ثمة قلق مِن عدم تلبية التقرير احتياجات المستخدِمين المحتمَلين. وأخيرًا، فإن اللجنة الدولية للتقدم الاجتماعي بالكامل تعتمد على تعاون مجموعة من العلماء المشغولين، واستعدادهم لإتاحة بعض الوقت لهذا العمل الجماعي، دون الحصول على تعويض مالي في المقابل، بل إن العديد منهم يسهم بجزء من ميزانية مؤسساتهم؛ لتغطية بعض النفقات، وهو دليل قاطع على الالتزام.

إذَن، هل يمكن لمجموعة على هذا القدر من التنوع توصيلَ رسالة قوية؟ إن الهدف المتمثل في تحديد «أحدث ما توصَّل إليه العلماء» في المجالات محل الخلاف ليس هدفًا غير منطقي، فاللجان الحالية تتناول قضايا السياسات الاجتماعية والاقتصادية (على سبيل المثال.. مجموعات عمل الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، التي تتناول التأقلم مع التغير المناخي، وسياسات الحدّ من آثاره)، كما يبرز الخلاف أيضًا حول الموضوعات ذات الطابع التقني الأكبر، مثل الانتشار النووي، والتنوع الحيوي[4]. أما في اللجنة الدولية للتقدم الاجتماعي، فنرى أن الاختلافات تتطلب من أعضاء اللجنة التركيز على المراجعات الموضوعية للجدل القائم، بدلًا من السعي وراء الوصول إلى إجماع على حساب جوهر القضية؛ فتنوُّع المناهج ميزة كبيرة، وليس عيبًا.

إن هذه اللجنة في حد ذاتها تُعتبر تجربة عمّا إذا كان بإمكان العلوم الاجتماعية في هذا الشكل إحداث فارق في السعي وراء التقدم الاجتماعي، أم لا. ولا يقتصر ما يتطلبه هذا الأمر على المدخلات الأكاديمية فقط، ولكنه يحتاج أيضًا إلى نِقَاش مفعم بالحياة، وواسع النطاق. لذا.. رجاءً، شاركونا رأيكم! ■

مارك فلوربي أستاذ الاقتصاد والدراسات الإنسانية في جامعة برنستون في نيوجيرسي بالولايات المتحدة الأمريكية، ويرأس برنامج «اقتصاديات الرفاهية» في كلية الدراسات الدولية ـ مؤسسة دار علوم الإنسان، باريس، فرنسا. **أوليفيه بوا**، و**ماري-لور ديليتش**، و**رافي كانبور**، و**سيسيل لابورد**، و**هيلجا نواتني**، و**إليزا ريز**، و**إلكا فيبير**، و**ميشيل ويفيوركا**، و**سياوبو تشانج**.

البريد الإلكتروني: mfleurba@princeton.edu

1. IPCC. *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (eds Edenhofer, O. *et al.*) (Cambridge Univ. Press, 2014).
2. Edenhofer O. & Minx, J. *Science* **345,** 37–38 (2014).
3. Dubash N., Fleurbaey, M. & Kartha, S. *Science* **345,** 36–37 (2014).
4. US National Academy of Sciences, Engineering, and Medicine. *Genetically Engineered Crops: Experiences and Prospects* (NASEM, 2016).



جزء من مصادم إلكترون-بوزيترون الكبير، الخاص بمختبر سيرن، يتم عرضه في المتحف الوطني في اسكتلندا.

متاحف

ورشــة عمــل العــالَم

يتحدث **كولين ماسيلوين** إلى القّائمين على المتحف الوطني في اسكتلندا، عشية افتتاح توسعة ضخمة.

أخذت «حياة ما بعد الموت» الخاصة بالنعجة دوللي، منعطفا مثيرًا في يوليو الماضي؛ فقد باتت النعجة المستنسخة مزارًا رئيسًا في المعرض الدائم الجديد في المتحف الوطني باسكتلندا (NMS). وتُحيِّي دوللي ـ التي نفقت في عام 2003، وتُحفظ جيفتها في هيئة محنَّطة مبهرة ـ الزائرين في المدخل المؤدي إلى ردهة كبيرة تضم عشرة معارض مجددة للعلوم والتقنية والتصميم في المبنى الفيكتوري المجاور لجامعة إدنبره.

ومنذ أن قفزت دوللي نحو الشهرة (انظر: go.nature.com/1ujdd4k)، لم يحقق الاستنساخ الطفرة التجارية المنتظَرة منه. ومع ذلك.. تُعَدّ تلك النعجة جزءًا من قصة خاطفة للأنفاس، عن كيفية إسهام أُمَّة مكوَّنة من 5 ملايين نسمة في تشكيل العصر الحديث.

ويشرح كلوس ستوبرمان ـ مؤرخ العلوم، والمسؤول الرئيس عن التقنية في المتحف القومي ـ الأمر قائلًا: «كانت اسكتلندا ورشة عمل العالم»، ملمِّحًا إلى مطلع القرن الماضي، عندما كانت كلايدسايد في جلاسجو تستضيف ما يصل إلى ربع صناعة السفن والقاطرات حول العالم، لكنه يرفض الفرضية القائلة إنّ تحوُّل اسكتلندا من دولة قوية إلى دولة جاذبة للسياح يُعَدّ كناية عن الحقيقة المرة لتاريخها القريب. ويقول ستوبرمان: «لقد كان لدى الاسكتلنديين دائمًا القدرة على إعادة ابتكار أنفسهم»، مشيرًا إلى «وادي السيليكون» الاسكتلندي، الذي يعود إلى ثمانينات القرن الماضي، حيث تم فيه تجميع معظم أجهزة الحاسوب الأوروبية. وحديثا، وبصورة مشتتة، ظهر نجاحٌ في ألعاب الكمبيوتر (يعود أصل لعبة «سرقة السيارات الكبرى» GTA إلى اسكتلندا)، وفي علوم الطب الحيوي.

وتدعم أعداد المعارض التي تتم إقامتها رواية ستوبرمان. فهناك يُعرض مسرِّع جسيمات يعود إلى مُصادم إلكترون-بوزيترون الكبير المهجور في مختبر سيرن (بيتر هيجز، الذي يحمل البوزون اسمه، وموجود في جامعة إدنبره). وهناك قصة جيمس بلاك، عالِم الصيدلة الحائز على جائزة «نوبل»، القادم من جلاسجو، الذي كان له دور محوري في تطوير حاصرات مستقبل «بيتا». وهناك مجموعة مذهلة ومتنوعة من علوم الهندسة الإلكترونية والميكانيكية، من أقدم محرك ستيرلينج في العالم، حتى أحدث شفرات توربينات الرياح.

افتتاح معرض المتحف الوطني في اسكتلندا
8 يوليو 2016.
إدنبره، المملكة المتحدة.

وتُعَدّ السمة الموحَّدة للمعارض الستة للعلوم والتقنية الحديثة هي اتباع المفاهيم العلمية في التقنية والإنتاج. وتعكس المجموعة الأوسع من المعروضات أدق تفاصيل عصر الثورة الصناعية. ويقول ستوبرمان: «ما زال العديد من الاسكتلنديين يحتفظون بآلاتهم العاملة منذ ذلك العصر». ويتضمن بحثه تاريخ صناعة الآلات والأدوات، وهو معروض في قاعة التصنيع. (تم إنشاء أول آلة أوروبية يتم التحكم فيها رقميًّا بواسطة شركة «فيرانتي» للإلكترونيات في إدنبره في الستينات).

نموذج للمحرك الحراري الذي صنعه روبرت ستيرلينج في عام 1816.

ويُعَدّ المتحف الوطني في اسكتلندا أشهر متحف بريطاني خارج لندن، حيث وصل عدد زائريه في العام الماضي إلى 1.6 مليون زائر. ويتمتع المتحف بدعم ثابت من القطاعين الحكومي والخاص، في الوقت الذي تعاني فيه متاحف عديدة حول العالم من خفض التمويل. وجاءت تكلفة التجديد ـ البالغة 14 مليون جنيه استرليني (20 مليون دولار أمريكي) ـ بدعم من اللوتاري الوطني بالمملكة المتحدة، والمنظمة الخيرية للطب الحيوي «وِيلْكَم ترَاست»، والحكومة الاسكتلندية، ومتبرعين مستقلين، وهي جزء من 80 مليون جنيه استرليني ضمن خطة رئيسة، مدّتها 15 عامًا، لتجديد كامل للمبنى الذي تم إنشاؤه في عام 1866.

وخلال تَجَوُّلي في مساحات المعرض قبل افتتاحه، كنت محاطًا بعمال يقومون بتجميع المعروضات، ورأيت كيف أن التقنية تغيِّر وجه صناعة العرض نفسها. فعلى سبيل المثال.. تسمح طبقات تفاعلية للزائرين بالوصول إلى أقصى عمق يريدونه، ولكن هناك ـ إلى جانب ذلك ـ معروضات أخرى تتبع المدرسة القديمة في العرض. يقول ستوبرمان: «عندما أخبر أي سائق تاكسي بما أقوم به، فإن أول شيء يودّ معرفته هو ما إذا كان هناك الكثير من الأزرار للضغط عليها، أم لا».

كان جورج ويلسون ـ أول مدير للمتحف ـ أستاذًا للتقنية في جامعة إدنبره، ولا تزال العلاقة بين المؤسستين وثيقة. ويقوم غالبية القائمين على المتحف بالتدريس في الجامعة، والكثير منهم ينخرط في مشروعات بحثية مشتركة.

وقد أُعطيت الأولوية اللوجستية الحالية لعرض حوالي 3,000 عنصر ـ ثلاثة أرباعها تظهر للجمهور للمرة الأولى ـ منذ اليوم الأول للمعرض، الذي تم افتتاحه في الثامن من يوليو الماضي. وحصلت إلسا كوكس ـ أمينة قاعة الطاقة «إنيرجيز» ـ على وحدة تحكُّم من منصة مورشيسون النفطية في بحر الشمال، التي لم تعد في الخدمة. وتقول كوكس إنّ مِن بين التحديات التي تواجهها.. جَعْل المساهمين الصناعيين يأخذون توقيتاتها النهائية على محمل الجدّ.

وتضم معارض «إنيرجيز» النماذج الأولية المبكرة لـ«بطة سالتر»، التي تُعَدّ علامة رئيسة في تاريخ طاقة الأمواج، والمفتاح الذي كان يربط في كايثنس مفاعل التوليد السريع البائد «دونري» Dounreay بشبكة الكهرباء. وتقول كوكس إن الزائرين ستتاح لهم فرصة إمداد مدينة بالطاقة لمدة يوم، ليكونوا قادرين على المُفَاضَلَة بين مصادر الطاقة المختلفة.

ولن ينحاز المعرض إلى أيٍّ من طرفي الجدل المحموم بين الحكومة الاسكتلندية التي تدعم طاقة الرياح، والحكومة البريطانية التي قطعت الدعم المالي عن مصادر الطاقة المتجددة، وتريد أن ترفع القدرات النووية. يقول المتحدث باسم المتحف، بروس بلاكلو: «الحكومة الاسكتلندية تموِّلنا، ولكنها لا تحكمنا». ■

كولين ماسيلوين صحفي متخصص في سياسات العلوم، يعيش في إدنبره، ومحرر للنشرة البريدية الخاصة بالسياسات «ريسيرش يوروب» Research Europe.
البريد الإلكتروني: cfmworldview@googlemail.com

PHIL WILKINSON
NATL MUS. SCOTLAND

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



القرش الحوت (ديستيني)، وسمكة الهيبو تانج (دُوري) في فيلم «البحث عن دُوري».

2016 DISNEY•PIXAR

س وج أدام سامرز

صائد الحقائق المذهل

قضى عالِم الميكانيكا الحيوية أدام سامرز الذي يعمل بمختبرات «فرايداي هاربور» التابعة لجامعة واشنطن ـ معظم حياته في محاولة فَهْم حركة السمك، إلا أنّ له دورًا قد يعتبره البعض أكثر تميزًا، فقد قَدَّم «رجل الأسماك الرائع» ـ كما أطلقت عليه شركة «بيكسار» ـ الاستشارات المتعلقة بعلم الأسماك لشركة الرسوم المتحركة؛ لإنتاج الفيلم الناجح «البحث عن نيمو» الذي أُنتِج في عام 2003، وكذلك لإنتاج الجزء الثاني الذي طال انتظاره «البحث عن دوري». وفي عشية افتتاح الفيلم الجديد، تَحَدَّث سامرز عن العلاقة المتوترة بين الترفيه والعِلْم، التي يجري تصحيحها من قِبَل الأطفال والدراما البرية لعالَم السَّمَك.



UNIV. WASHINGTON

ماذا طلبت شركة «بيكسار» منك بخصوص فيلم «البحث عن دُوري»؟

أَطْلَعُوني على مجموعة من الشخصيات الشيقة، وأرادوا معرفة أشياء محددة حول هذه الحيوانات، فعلى سبيل المثال.. سألوني عن حوت البيلوجا (*Delphinapterus leucas*)، وما إذا كانت الحيوانات المحتجَزة منها تواجه المشكلات نفسها التي تواجهها الحيتان القاتلة (*Orcinus orca*) المحتجَزة، أم لا. كانت أسئلتهم أقل فلسفيةً من الأسئلة التي طرحوها عليَّ أثناء عمل «البحث عن نيمو»، حيث احتوت على القليل من نوعية «هل هذه الكائنات تفكِّر؟»، وكان أغلبها من نوعية أسئلة «كيف تسبح؟». سألوني بعض الأسئلة عن بيولوجية سمكة قرش الحوت (*Rhincodon typus*)، التي ما زلنا لا نعلم إجابات لها حتى الآن. وسمكة قرش الحوت هي أكبر سمكة تعيش في البحار، إلا أنني أعتقدُ أنه يوجد تقرير واحد فقط أشار إلى العثور على أنثى تحمل بداخلها بيضًا، وكشف عن أن هذا النوع من السمك يستطيع أن ينتج أكثر من 300 صغير من صغار السمك في المرة الواحدة. وهي معلومات غير كافية عن بيولوجية الإنجاب لسمكة مهمة كتلك.

هل شاهدتَ الفيلم؟

شاهدتُ بعض المقاطع الصغيرة؛ لمراجعة الحقائق العلمية، وسُئلتُ أسئلة، مثل: «هل يمكن أن يحدث هذا حقًّا؟ كيف يبدو هذا لك من ناحية الميكانيكا الحيوية؟» يظن الناس أنهم لا يعلمون شيئًا عن الميكانيكا الحيوية، لكن الحقيقة هي أن كل شخص منا بداخله عالم ميكانيكا حيوية مقارن، لأننا تَطَوَّرْنا في بيئة يمكن أن تتعرض فيها لأنْ يلتهمنا كائن ما، أو أن نلتهم بعض الكائنات. وهذا الأمر يهيئ عقولنا للانتباه إلى حركات الكائنات الأخرى. وما قدمته لـ«بيكسار» هو إدراك لما سردته للتو، حتى يتمكنوا من أن يسألوا: «هذا لا يبدو صحيحًا، فما السبب يا تُرَى؟» وأُوَضِّح أنا بعد ذلك ما هو الخطأ.

بعيدًا عن الحيوانات التي تتكلم، هل أنت سعيد بتدقيق «بيكسار» للجانب العلمي؟

هذا السؤال مهم جدًّا لصناع الدراما الترفيهية، فهل من المهم أن تتحرى الدقة أثناء سَرْدك لقصة بغرض التسلية؟ في ظل بعض الظروف.. لا أعتقد أن الأمر ذو أهمية، لكنْ عندما تستخدم الحقائق ـ بتعقيداتها وجمالها ـ في فيلم رسوم متحركة يتناول أنظمة حقيقية لكائنات حية، وتجعلها نقطة انطلاق للقصة؛ فأنت بذلك تضيف بُعْدًا آخر من الجاذبية المهمة؛ لخلق لمسة أكثر شمولًا وعمقًا. إنَّ المشاهدين الصغار أكثر تعقيدًا مما تتصور، والقصة المليئة بالكثير من الحقائق التي تلفت أنظارهم إلى وجود بُعد حقيقي لها. أذكرُ أني تلقيت يوما بريدًا إلكترونيًّا من طفل يبلغ من العمر ثمانية أعوام، يعلِّق فيه على فيلم «البحث عن نيمو»، وقال إنه لا يمكن لشخصيات الفيلم أن تخرج من فتحة النفث في الحوت، إذا كانوا موجودين في فمه، لأنه لا يوجد ممر يربط بين القصبة الهوائية والمريء.

هل أنت قلق مِن تَزَايُد الطلب على تقديم السَّمك في الفيلم على أنه «حيوان أليف»؟

عندما عُرِض فيلم «البحث عن نيمو»، كنتُ في غاية القلق من هذا الاحتمال. فمِن المؤكد أن تجارة الزينة البرية تُعتبر ممارسة مدمرة غير مبررة. فلكي يتم اصطياد السمكة الجميلة التي تشاهدها في متجر الحيوانات الأليفة من البرية، عليك أن تتذكر أن خمسين أو ثمانين أو حتى مائة سمكة أخرى نفقت من أجل هذا، إلا أن عمليات التكاثر الضخمة نتج عنها مردود رائع؛ ألا وهو وفرة من السمك متعدد الأشكال، رائع الجمال، فإنْ استطعتَ أن تُبْقِي سمك المهرج ـ الذي خرج إلى الحياة وهو في الأَسْر ـ على مرجان نما في الأَسْر أيضًا، فأنت بذلك تقوم بعمل عظيم؛ لأنك تبني علاقة مع البحر، حيث إنّ توفير متحف مائي بحري يقدم درسًا صغيرًا رائعًا عن تعقيد النظام البيئي. ولا أعتقد أنه من قبيل المصادفة أن تربية سمكة المهرج في الأَسْر أصبحت ممكنة بعد وقت قصير من وصول «البحث عن نيمو» إلى دور العرض السينمائي.

ما الذي كنتَ تتمنى تغييره في فيلم «البحث عن نيمو»؟

في الثلاثة عشر عامًا الماضية منذ عرضه، تلقيتُ أكثر من مائة ملاحظة حول أشياء غير دقيقة في الفيلم، منها ما يُعتبر خطأً حقيقيًّا. أمّا باقي الأخطاء، فكنا قد قررنا أن نغض الطرف عنها؛ لتيسير سياق القصة، أو لأنّ الشخصيات كانت تحتاج إلى بعض التفاصيل التشريحية، غير الموجودة في الحقيقة، منها ـ على سبيل المثال ـ أنه لم يُوضَع جهاز التناسل الخارجي ـ الذي يشبه العصا في سمك القرش ـ لبروس القرش الأبيض العملاق في الفيلم، ولم يكن ذلك لاعتبارات أُسَرِيَّة أخلاقية، ولكنْ لأنّ جسمه كروي، وعندما تضيف مجموعة من العصيّ للقروش كروية الشكل؛ فإنّ ذلك يجعلها تبدو حمقاء للغاية. وأشار أحدهم إلى أن مارلين والد «نيمو» كان من المفترَض أن يتحول إلى أنثى، بعد موت والدة «نيمو»، لأن ذلك ما يحدث في الحياة الحقيقية، حيث تغيِّر سمكة المهرج نوعها من ذكر إلى أنثى، وذلك بعد نفوق السمكة الأنثى المسيطِرة. بالطبع كنا نعلم ذلك، لكنني لم أر أنها فرصة مناسبة لتعليم الصغار أشياء حول تغيُّر الجنس في السمك، فذلك الأمر سيربكهم بلا شك.

ما هي الملاحظة التي أبداها أحدهم، وتعتقد أنها بالفعل الخطأ الحقيقي؟

كانت عن خطأ في التسمية، أشار إليه أحدهم. وشاهدت الفيلم بعد ذلك مرة أخرى، وفوجئت بأنّ إحدى الشخصيات تستخدم كلمة خاطئة لوصف شيء، لكنني ـ للأسف ـ لم ألحظها.

هل هناك جوانب أخرى من علم الأحياء البحرية تتمنى أن تشاهدها في هذه النوعية من الأفلام؟

يوجد أكثر من 25 ألف نوع من السَّمَك. والسَّمَك ـ بصفة عامة ـ يفعل أي شيء يمكن تصوُّره؛ فمثلًا، أثناء تكاثر قرش النمر الرملي (*Carcharias taurus*) تَلْتَهِم الأجنةُ التي تعبر أولًا عبر أنابيب البيض جميعَ الأجنة المتبقية. أظن أنني إذا توليتُ إدارة «بيكسار»؛ فسوف يكون هناك فيلم جديد ـ مثل فيلم «نيمو» ـ كل ثمانية أو تسعة أشهر بشخصيات جديدة تمامًا في كل فيلم. سوف أنتج أفلامًا رومانسية كوميدية، وأفلام رعب، وأعتقد أنه يمكن تكريس «صناعة الترفيه» ـ صناعة السينما ـ بأكملها لتصوير حياة السمك، دون أدنى مشكلة.

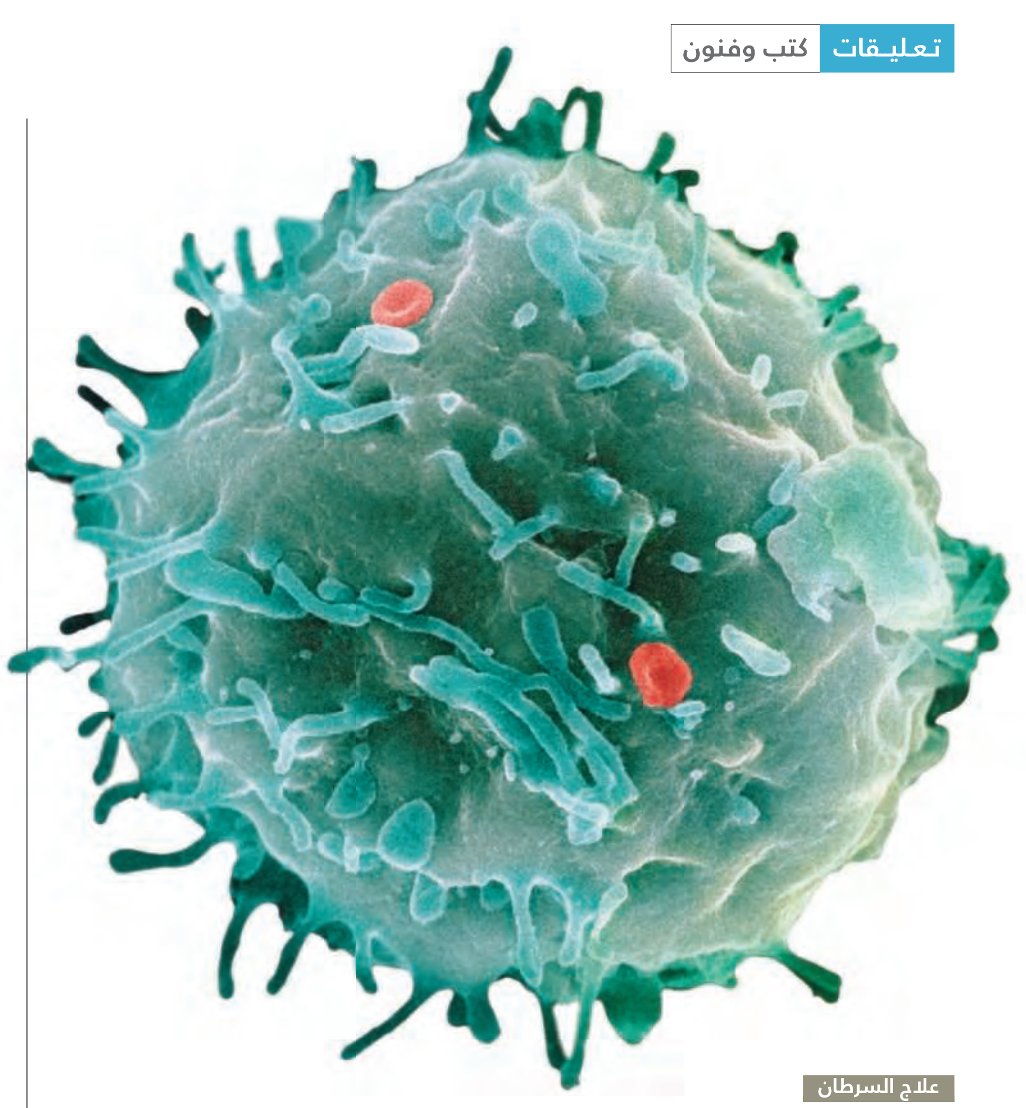
ما هي شخصيتك المفضلة؟

أعتقِدُ أن سمكة الراي ـ التي تظهر في دور الأستاذ ـ تشبهني، لكنها غير مستغَلَّة بشكل كافٍ، بسبب قلة مساحة دورها في الفيلم. كما أعتقِدُ أنها كان ينبغي أن تروي الفيلم بالكامل، أو أن يكون لها فيلم خاص حول شخصيتها. ■

أجرى المقابلة دانييل كريسي

تم تحرير هذا المقال؛ لمراعاة الطول والوضوح.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



خلية جذعية، كما تُرى تحت المجهر الإلكتروني الماسح

SPL

علاج السرطان

تعـريف الجـذعية

يبدي **هانز كليفرز** إعجابه بتحليل لعلم الخلايا الجذعية، من شأنه أن يوضح بعض الأمور الضبابية في هذا المجال.

ينتابني دائمًا شعور بعدم الارتياح بخصوص المفاهيم والتعريفات التي نستخدمها في مجال الخلايا الجذعية، إذ تبدو بعض الحجج كالحلقة المفرغة، كما أن الملاحظة والفرض ليسا منفصلين تمامًا. فقد سألتُ زميلًا ذات مرة عن أفضل تعريفاته للخلية الجذعية، فكانت الإجابة: إنها الخلية التي تستطيع التجدُّد ذاتيًّا. إذَن، ما هو التجدد الذاتي؟ الإجابة الفورية: إنه ما تقوم به الخلايا الجذعية.

ولضبابية مفاهيم الخلايا الجذعية وتعريفاتها عواقب جسيمة، فهي تؤثر على كيفية تصميمنا وإجرائنا للتجارب، وتفسيرنا للنتائج، وكيفية إعلاننا عن اكتشافاتنا، وأخيرًا.. الطريقة التي نصمِّم بها العلاجات التي تستهدف تدعيم القدرة على تجديد الخلايا الجذعية السليمة، أو استئصال الخلايا التي تحفِّز نمو الأورام. وبالرغم من هذه الأمور المقلقة، إلا أنني ـ كواحد من العلماء التجريبيين ـ لم أتمكَّن أبدًا من وضع إصبعي بالضبط على موضع الفشل في الحس العلمي العام.

وإذا ما تطرّقنا إلى لوسي لابلان وكتابها «الخلايا الجذعية للسرطان»، سنلحظ أنّ لابلان تدرَّبت كاختصاصية في فلسفة العِلْم، كما قضت بعض الوقت في الدراسة العملية بمعملين للخلايا الجذعية. وكتابها هذا هو ثمرة جهود ستة أعوام في وصف وبناء الأسس الفلسفية لعلم الخلايا الجذعية. وإضافة إلى استيعابها لكل الأدبيات التجريبية - التاريخية والعلمية - ذات الصلة، أجرت لابلان مقابلات مع الباحثين والأطباء الإكلينيكيين الرواد على المستوى الدولي في مجال الخلايا الجذعية. كما ناقشت رؤاها البازغة مع زملاء من الفلاسفة ومؤرِّخي العلم. وانطلاقًا



الخلايا الجذعية السرطانية: الفلسفة، والعلاجات
لوسي لابلان
مطبعة جامعة هارفارد، 2016

من اهتمامها بالخلايا الجذعية السرطانية، يَبني الكتابُ ـ رغم عنوانه ـ إطارًا عامًّا أعرض بكثير؛ لفَهْم بيولوجيا جميع أنواع الخلايا الجذعية.

تمثل ملاحظةُ عدم تَسَاوِي جميع خلايا الورم مفهومًا مركزيًّا في الجانب النظري للخلايا الجذعية السرطانية. فالجزء الأكبر من الورم يتكون من خلايا قصيرة العمر، سريعة التكاثر، وخلايا متمايزة، لكن بعض خلايا الورم يبدو المكافئ الخبيث للخلايا الجذعية النسيجية. وبقدر ما تحافظ الخلايا الجذعية العادية على الأعضاء السليمة بإنتاج خلايا جديدة للأنسجة، تعمل الخلايا الجذعية السرطانية على استدامة الأورام الخبيثة بإنتاج خلايا سرطانية جديدة.

تَفترِض نظرية الخلايا الجذعية السرطانية ـ ضمنًا ـ أن الخلايا الجذعية السرطانية تحمل أسلحة الخلايا الجذعية العادية، فهي مُصَمَّمَة لتعيش مدى حياة الإنسان، وهي مقاومة لأنواع كثيرة من الإيذاء الكيميائي، أو الفيزيائي، كما يمكنها أن تعيش في مرحلة سبات لفترات طويلة. ومن ثم، فإن الخلايا الجذعية السرطانية قادرة على الصمود أمام العلاج الكيميائي والإشعاع، وهو ما يفسِّر لماذا يكون تجدُّد الحدوث الموضعي هو النتيجة الحتمية تقريبًا لهذا النوع من العلاج. والنقائل الثانوية التي تظهر أحيانًا بعد سنوات عديدة من استئصال ورم ابتدائي قد يكون سببها خلايا جذعية سرطانية كامنة، تجوَّلت لتستقر في مواقع بعيدة. ومن ثم، فإن نظرية الخلايا الجذعية السرطانية تفسِّر لماذا لا يمكن اعتبار مرضى السرطان قد برئوا تمامًا من مرضهم، حتى إذا بدت نتيجة العلاج مشجعة. والأهم.. أن نظرية الخلايا الجذعية السرطانية تَعِدُ بتطوير علاجات مبتكرة، ليس عن طريق تقليص كتلة الورم، وإنما عن طريق استئصال «قلبه النابض»، ألا وهو الخلايا الجذعية السرطانية.

تبدأ لابلان عرضها الشامل بوصف كيف ازدهرت شعبية نظرية الخلايا الجذعية السرطانية عبر العقدين الأخيرين، بفضل التطوير السريع في تقنية فَرْز وتصنيف الخلايا، ثم تُقَدِّم نبذة تاريخية ثاقبة، بدءًا من عمالقة القرن التاسع عشر، ومن بينهم تيودور شفان، ورودولف فيرشوف. وتصف ـ بشكل مستقل تقريبًا ـ العمل الذي قام به لِيرُوي ستيفنز، وباري بيرس في مجال زرع خلايا من السرطانات التشوهية، وهي حالات مخيفة لوَرَم، يمكن أن يصيب أي نوع من الأنسجة، بما فيها الأسنان، والشعر. ولقد أفضى ذلك في النهاية إلى اكتشاف نظائرها الفسيولوجية السليمة ـ أي الخلايا الجذعية الجنينية ـ التي توَلِّد كافة أنواع الأنسجة في الأجنة المبكرة، و«التآلف» معها.

تناقش لابلان أيضًا كيف أن عالِم أحياء الخلايا الجذعية الكَنَدي جون دِك أعاد الحياة إلى المجال في تسعينات القرن العشرين، عبر تطوير طرق لدراسة سلوك أنواع مختلفة من خلايا سرطان الدم في البشر، عن طريق زرعها في الفئران. وقد دمج ذلك مع الرؤى الحديثة الخاصة بطبيعة الخلايا الجذعية السليمة، التي تنتج منها جميع أنواع خلايا الدم (الخلايا الجذعية الدموية).

لقد اكتشف دِك أن بداخل المريض نسبة قليلة من خلايا سرطان الدم، قريبة الشبه من الخلايا الجذعية السليمة، ولكن بدلًا من إنتاج خلايا دم طبيعية، تُنتِج خلايا دموية سرطانية باستمرار. وبناء

على ذلك.. تستنتج لابلان أن تعريف الخلايا الجذعية السرطانية ودراستها لا يمكن فصلهما عن تعريف الخلايا الجذعية العادية ودراستها.

تُعَرِّف لابلان الخلية الجذعية بأنها الخلية «القادرة على التجدد الذاتي والتمايز». ويُقصَد بالتجدد الذاتي قدرة الخلية على إعادة تكوين نسخة من نفسها عند الانقسام. وتكشف لابلان كيف ساد في مجال الخلايا الجذعية ـ لفترة من الوقت ـ وَصْف كَيْنُونَتَين مختلفتين جدًّا بأنهما خليّتين جذعيّتين سرطانيّتين، وهما الخليتان اللتان تنشأ منهما الأورام، والخلايا الموجودة داخل الأورام، التي تحفِّز نُمُوّهما على المدى الطويل، رغم الاختلاف الشاسع بينهما، كاختلاف التفاح عن البرتقال. لقد صارع حقل الخلايا الجذعية أيضًا ضد الاختبار الذهبي الذي قدمه دِك، والذي يتضمن زرع خلايا سرطانية بشرية مصنَّفة في الفئران، ثم اعتبار الخلايا التي تكبر، مكوِّنةً وَرَمًا، أنها خلايا جذعية سرطانية. إنّ ما يقيسه هذا الاختبار «البديل» هو موضع جدل.. فهل نمو الخلايا السرطانية، التي يتم التلاعب بها بكثافة في الفئران، يعكس حقًّا سلوك الخلايا نفسها في الورم الأصلي؟

تُقِرّ لابلان بهذه المسائل، وربما ترغب في الطبعة الثانية من الكتاب في أن تتعرض لكيفية استخدام الباحثين لتقنية الوسم الجيني للخلايا الجذعية؛ لتَعَقُّب مشتقاتها عبر الأنسجة الصلبة.

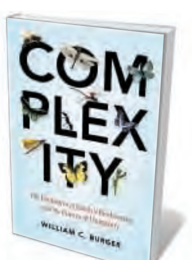
> «للضبابية في مجال الخلايا الجذعية عواقب خطيرة، لكنني لم أستطع أبدًا وَضْع إصبعي على موضع الفشل في الحس العلمي العام».

يكشف التحليل الدقيق الذي تقدِّمه لابلان عن مشكلات دلالية وتصوُّرية عميقة في مجال الخلايا الجذعية. وتتوصل الكاتبة إلى إطار عام يتضمن أربع نسخ ممكنة للـ«جذعية»: اثنتان داخليّتا المنشأ، واثنتان خارجيّتا المنشأ. وترى أنه من الممكن أن تكون الجذعية «فئوية»، (أي تَصِف خاصية متأصلة في الخلية الجذعية، ومستقلة عن محيطها)، أو «ترتيبية»، وهي (خاصية متأصلة في الخلية الجذعية، لكنها تَظهَر عندما تتوفر البيئة الصحيحة لظهورها)، أو «ارتباطية»، وهي (سمة يُحْدِثها سبب خارجي في خلية لم تكن لتصبح جذعية، إذا تُرِكَت لتأثير بيئتها المحدودة فقط)، أو «نظامية»، وهي (سمة يُحْدِثها سبب خارجي في جهاز كامل، كنسيج مثلًا، وليس خلية واحدة).

ولا أعتقد أن هناك إجماعًا حاليًّا بشأن المكان الملائم داخل هذا الإطار لوضع أي نوع من الخلايا الجذعية، حتى تلك الأنواع التي حظيت بأفضل دراسة. ومع ذلك.. يظل إطار «جذعية» لابلان ذا قيمة عظيمة. فهو سوف يساعد على توضيح التعريفات والمفاهيم، حتى لو وَفَّرت الأرضية الصلبة فقط التي يمكن الاختلاف عليها. وإضافة إلى ذلك.. يمكن تطبيق هذا الإطار بسهولة في التجريب. وربما ينجح فيلسوفٌ بحق في تقويم مجال الخلايا الجذعية. ■

هانز كليفرز يدرس الخلايا الجذعية والسرطان في معهد هوبريخت في أُتْريخت بهولندا. وهو أيضًا مدير البحوث بمركز الأميرة ماكسيما بالمستشفى الوطني لأورام الأطفال في أُتريخت.
البريد الإلكتروني: h.clevers@hubrecht.eu

ملخصات كتب





التعقيد: تطوُّر التنوع الحيوي لكوكب الأرض ومستقبل البشرية

ويليام سي برجر، مطبعة بروميثيوس (2016)

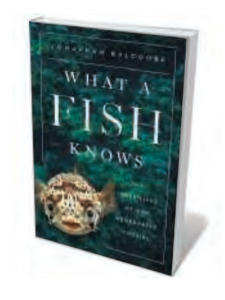
في هذا الكتاب ، قام عالِم النباتات، ويليام بيرجر، بجولة واسعة في مَشاهِد تَعَقُّد الحياة، مع التركيز على التعاون والتعايش في التاريخ التطوري، متنقلًا بمهارة بين النجاح العظيم الذي حققته الخنافس والبكتيريا في تكوين أنواع جديدة، وتوزيع التنوع الحيوي. وتبلغ القصة أوْجَها بالهيمنة الثقافية والمعرفية للبشرية، إلا أن بيرجر يشير ـ بحيادية ـ إلى أنه على الرغم من صعود الجنس البشري أمام سائر الأنواع والأجناس، فإن الانفجار السكاني العالمي والاستخدام المفرط للموارد لا يعكسان إلا سلوك أسراب الجراد.



هل من الممكن أن يغيِّر عِلْم الأعصاب أدمغتنا؟

هيلاري روز، وستيفن روز، مطبعة بوليتي (2016)

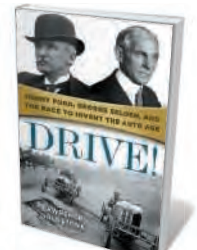
في هذا التحليل النقدي الحاد والواضح، ترى هيلاري روز ـ وهي عالمة اجتماع في مجال العلوم ـ وستيفن روز ـ وهو عالِم أعصاب ـ ضرورة البحث في تسرب علم الأعصاب إلى المجالين الاقتصادي والسياسي. ففي خضم تحليلهما النقدي في سياق تاريخي وعلمي لعلم الأعصاب ـ الذي يتسم «بغنى البيانات، والافتقار إلى النظريات» ـ يبحث كل منهما في المزاعم المقدَّمة بشأن مشروعات أطلس العقل البشري الأمريكية والأوروبية، والاكتشافات التي تغذي سياسة المملكة المتحدة بشأن تربية الأطفال، والتعليم المبكر. وأكَّدَا في النهاية أن علم الأعصاب يمكنه بالفعل أن يغيِّر عقولنا، ولكن يجب أن يُؤخذ في الحسبان فَهْم الأمور من وجهة نظر سياسية واجتماعية.

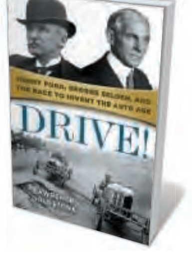


ما الذي يعرفه السمك: الحياة الغامضة لأولاد عمومتنا تحت الماء

جوناثان بالكومب، مطبعة فارار، ستراوس أند جيرو (2016)

يجوب ما يزيد على 30000 نوع من السمك ـ أي حوالي نصف الفقاريات بأسرها ـ البحار العالمية. ويشير جوناثان بالكومب ـ عالِم سلوكيات الحيوانات ـ في هذه الدراسة اللافتة للنظر إلى أن الاكتشافات المهمة في المجال تزيح الستار عن السلوكيات المعقدة للسمك. وينتقل بالكومب بسلاسة من التصور والإدراك إلى استخدام الأدوات، ويتوقف عند الغرائب، مثل انتقال العين لدى سمك موسى، وقدرة سمك القوبيون على تذكُّر الخصائص الطبوغرافية لمنطقة المدّ، إلا أنه يرى أن الاستهلاك المفرط للكائنات البرية ـ ولا سيما المفترسة منها، التي تعتلي قمة السلسلة الغذائية، مثل سمك التونة ـ يدل على وجود حاجة إلى التغيير، بناءً على أسس أخلاقية وبيئية.



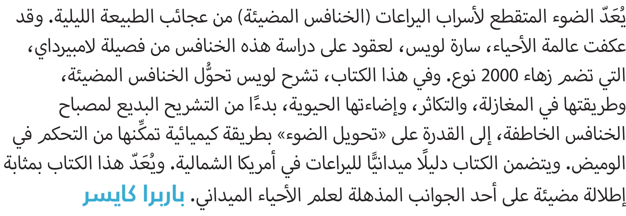


قُدْ سيارتك! هنري فورد، وجورج سيلدن، والسباق من أجل ابتكار عصر السيارات

لورنس جولدستون، مطبعة بالانتاين (2016)

يتابع المؤرخ لورنس جولدستون حرب براءات الاختراع بالغة الأهمية، التي انتهت في سنة 1911، حين أحبط هنري فورد ـ وهو واحد من كبار رجال الصناعة ـ الدعوى التي أقامها جورج سيلدن؛ للحصول على براءة اختراع بشأن «مَرْكَبة للطريق» تُدار بالاحتراق الداخلي، إذ عَدَّل فورد التكنولوجيا الموجودة بالفعل لتصنيع السيارة موديل «تي»، التي حققت نجاحًا واسع النطاق. ويحكي جولدستون روايات المبتكرين الأوروبيين، مثل كارل بينز، وسباقات الطرق، مثل السباق الذي أُقيم سنة 1907 من بكين إلى باريس، إلا أنّ فورد يهيمن على القصة، باعتباره الشخص المستقل الخبير بخفايا السوق ودقائقها، الذي «لم يُنْتِج الطلبَ بقَدْر ما توقعه».





شرارات هادئة: عالَم اليَرَاعات الرائع

سارة لويس، مطبعة جامعة برينستون (2016)

يُعَدّ الضوء المتقطع لأسراب اليراعات (الخنافس المضيئة) من عجائب الطبيعة الليلية. وقد عكفت عالمة الأحياء، سارة لويس، لعقود على دراسة هذه الخنافس من فصيلة لامبيرداي، التي تضم زهاء 2000 نوع. وفي هذا الكتاب، تشرح لويس تحوُّل الخنافس المضيئة، وطريقتها في المغازلة، والتكاثر، وإضاءتها الحيوية، بدءًا من التشريح البديع لمصباح الخنافس الخاطفة، إلى القدرة على «تحويل الضوء» بطريقة كيميائية تمكِّنها من التحكم في الوميض. ويتضمن الكتاب دليلًا ميدانيًّا لليراعات في أمريكا الشمالية. ويُعَدّ هذا الكتاب بمثابة إطلالة مضيئة على أحد الجوانب المذهلة لعلم الأحياء الميداني. **باربرا كايسر**

أبحـــاث

أنباء وآراء

السرطان

الأورام المُعدية تحت سطح البحر

في بعض أنواع الحيوانات، يمكن للخلايا السرطانية أن تنتقل مباشرة بين أفرادها. ومؤخرًا، أظهر تحليلٌ للمحار أن هناك سرطانات مُعدِيّة يمكنها أن تَعْبُر حتى حاجز النوع.

إليزابث بي. ميرشيسون

يَعْرِض مِتزجَر وآخرون[1] في بحث لهم ـ نُشر في دورية *Nature* في العدد 534 ـ اكتشافًا، مفاده أن السرطانات المُعدِيّة منتشرة انتشارًا واسعًا بين مجموعة من الأصداف البحرية المعروفة باسم ثنائية المصراع، وأن مثل هذه السرطانات تستطيع حتى أن تقفز بين الأنواع. إن هذه الاكتشافات تشير إلى أن الخلايا السرطانية هي عناصر مُعْدِيَّةٌ شائعة في البيئات البحرية، كما أنها تتحدى فهْمنا لطبيعة السرطان، وتفاعله مع عوائله.

يَحْدُث السرطان عندما تكتسب خليةٌ واحدةٌ في الجسم تَغَيُّراتٍ جينيةً تقود إلى تكاثر غير ملائم. وبمجرد بدئه، يتطور السرطان بالانتخاب الطبيعي، منتِجًا ـ في الغالب ـ سلالاتٍ من الخلايا، تنتشر عبر جسم العائل بعملية تسمى "نقيلة"، غير أن السرطان لا ينتشر عادة خارج حدود الجسم المصاب. وحتى الآن، كانت مثل هذه السرطانات المعدية ـ أي سلالات الخلايا ذات القدرة على الانتقال خلال عشيرة من الحيوان ـ تُعتبر في غاية الندرة، فقد كانت هناك أربعة أمثلة فقط معروفة في الطبيعة: اثنان يصيبان الحيوان المعروف باسم "شيطان تسمانيا"، وواحدٌ يوجد في الكلاب، وآخر في البطلينوسات ذات الصدفة اللينة[2-4]. ومؤخرًا، كتب مِتزجَر وزملاؤه عن 4 أنواع من السرطانات المعدية، لم يسبق تعريفها: واحد يصيب المحارات (ميتيلاس تروسيولاس)، التي توجد في مقاطعة كولومبيا البريطانية، وواحد يصيب البطلينوسات الذهبية ذات الصدفة السِّجَّادِيَّة (بوليتيتابِس أورياس) على الساحل الأيبيري، واثنان من السرطانات المعدية، يُحتمل أنها نشأت من أصل مستقل في المحارات القَلْبِيَّة (سيراتوديرما إديول).

تسبِّب هذه السرطانات جميعُها مرضًا يشبه سرطانَ الدم في الأفراد المصابة، ويُعرف باسم الورم المُنْتَشِر، الذي تمت ملاحظته من قبل، ويتجلى في وجود وفرة من الخلايا كبيرة الحجم وغير العادية في الدورة الدموية. وتكون الحيوانات المريضة ذات سائل دورة دموية كثيف ومعتم، وتصبح أنسجتها محشوة بالخلايا السرطانية الغازيّة[5،6]. لقد تمت معرفة[7] ميل العديد من الحيوانات ثنائية المصراع لتكوين الأورام المنتشرة منذ ستينات القرن الماضي، لكن السبب وراء هذه الحالة لم يكن مفهومًا.

أجرى مِتزجَر وزملاؤه تحليلًا وراثيًّا للسرطان وأنسجة العائل في عدة أفراد من المحار، والمحار القلبيّ، والبطلينوسات الذهبية ذات الصدفة السجادية؛ ووجدوا أنه في حالات كثيرة لا تحمل الخلايا السرطانية تشابهًا وراثيًّا مع عوائلها، لكنها ـ بدلًا من ذلك ـ كانت شديدة الشبه بالأنسجة السرطانية المأخوذة من أفراد أخرى من النوع نفسه ثنائي المصراع. وأكدت هذه الاكتشافات أن حالات كثيرة من الورم المنتشر في الحيوانات ثنائية المصراع سببها انتقال الخلايا السرطانية الحية أفقيًّا بين العوائل.

أما الاكتشاف غير المتوقع تحديدًا في العمل الذي أجراه مِتزجَر وزملاؤه، فهو أن الحمض النووي المستخلَص من الخلايا السرطانية للبطلينوسات الذهبية ذات الصدفة السجادية لم يكن متوافقًا وراثيًّا مع الحمض النووي العادي لهذا النوع، لكنه كان يدل على أن الخلايا السرطانية نشأت في نوع مختلف، هو البطلينوس ذو الصدفة البَدْرِيَّة (فينيروبِس كُرُوجاتا)، غير أن المفاجئ هو أن البطلينوسات ذات الصدفة البدرية ـ التي تتقاسم المسكن مع البطلينوسات الذهبية ذات الصدفة السجادية ـ ليس معروفًا عنها كثرة الإصابة بالورم المنتشر. ومن ثم، فربما يكون البطلينوس ذو الصدفة البدرية قد تَكَيَّفَ؛ ليقاومَ الإصابة بالسرطان المعدي، الذي نشأ أول الأمر في أحد أعضاء نوعه، ثم تمكَّن السرطان ـ رغم ذلك ـ من البقاء، عن طريق الانْغِراس في عائل من نوع جديد (شكل 1).

يبدو أن هذه الاكتشافات مجتمعةً ترسم صورةً لطبقات المحار حول العالم، التي تزخر بخلايا سرطانية مجهرية،

الشكل 1 | يمكن أن تُنْقَل خلايا السرطان بين أنواع المحار. وجدت دراسةٌ قام بها مِتزجَر وآخرون[1] أن السرطان المُعْدِي الموجود في البطلينوسات الذهبية ذات الصدفة السِّجَّادِيَّة (بوليتيتابس أوريوس) نشأ في نوع آخر، هو البطلينوس ذو الصدفة البدرية (فينيروبس كروجاتا). ورغم أن نوعي البطلينوس يشتركان في مكان المعيشة، فإن السرطان حاليًّا يُعْثَر عليه فقط في البطلينوسات الذهبية ذات الصدفة السجادية، ما يشير إلى أن البطلينوسات ذات الصدفة البدرية ربما تكون قد اكتسبت مقاومةً ضد العدوى بهذا السرطان.



خمسون عامًا مضت

سيشارك سمك التونة الموجود في المحيط الأطلسي الحيتان في شيء من الحماية التي تحظى بها الأخيرة ضد الصيد، نتيجةً لاتفاقية للحفاظ على سمك التونة، صاغها ممثلو سبع عشرة دولة. وقد رَوَّج لهذه الاتفاقية ظهور أدلة في السنوات الأخيرة على أن عددًا أكبر من القوارب يطارد عددًا أقل من السمك. وينطبق هذا الأمر على المحيط الأطلسي بأسره، والبحار المتاخمة له. ونأمل أن تحافظ الاتفاقية على أعداد سمك التونة عند مستويات تسمح بأقصى صيد مستدام. وسيتم تمكين المفوضية ـ التي ستكون مسؤولة عن تطبيق الاتفاقية ـ من جَمْع المعلومات، والتوصية ببرامج بحثية. كما سيمكنها أيضًا ـ على أساس ما تجمعه من أدلة ـ التوصية بالحدود القصوى لمعدلات الصيد في المنطقة المشمولة بالاتفاقية.

من دورية *Nature*، عدد 25 يونيو 1966

مئة عام مضت

إنني أشير إلى المقترحات المستمرة لإنشاء برامج زمالة جديدة؛ لتشجيع البحث العلمي، تكون مصحوبة ـ كالعادة ـ ببيانات تتعلق بالنقص في الكوادر المدرَّبة في مجال العلوم. ويشكِّل الأشخاص الحاصلون على زمالات لعامين، أو ثلاثة، كادرًا مدربًا تدريبًا عاليًا في أفضل الجامعات الإنجليزية والأوروبية. ومع ذلك.. فنحن نرى بكل المقاييس أن هؤلاء الأشخاص نادرًا ما يكونون قادرين على كسب عيشهم. وبوجه عام، هم من الحاصلين على تعليم شامل، مع امتلاكهم معرفة متخصصة في العلوم، كما أنهم ليسوا على قدر من الفظاظة، أو التنظير، أو عدم التوازن، مثلما هو شائع عن المتخصصين في العلوم. يشكِّل هذا القدر الإضافي من المعرفة المتخصصة العائق الأكبر أمام كسبهم الرزق، فربما كانوا سيحصلون على راتب أفضل، إذا كانوا قد حوّلوا اهتمامهم إلى الحصول على أي وظيفة عادية، بدلًا من السعي وراء العلوم. إدوارد إن. آندرادي، قوات المشاة الإنجليزية.

من دورية *Nature*، عدد 29 يونيو 1916.

تواصل الانتقال، داخل النوع الواحد، وبين الأنواع. ورغم أن آليّة انتقال السرطان تظل غامضة، فإن الطبيعة الساكنة لهذه اللافقاريات ـ التي تتغذى بالترشيح ـ تشير إلى أن الخلايا السرطانية قد تطوف خلال البيئة البحرية، وتدخل عوائلَها باختراق القنوات الهضمية، أو التنفسية. وتظل الطريقة التي تخرج بها الخلايا السرطانية من عوائلها المريضة لغزًا. ربما تكون هذه عملية سلبية، سبَّبَتها صدمة، أو افتراس، أو ربما تهاجر الخلايا السرطانية بنشاط إلى خارج الجسم، عن طريق توظيف مسارات إشارات العائل. إن فحص كثافة وحيوية خلايا ثنائيات المصراع ـ التي تعيش معيشة حرة، وتصاب ـ أو لا تصاب ـ بالأورام في البيئة البحرية الخارجية ـ سوف يكون مجالًا مشوِّقًا للدراسة المستقبلية.

ورغم أن الورم المنتشر تم رصده في كثير من أنواع الحيوانات ثنائية المصراع، فهناك دراسات سابقة وحالية[5،6] تكشف أن معدل انتشاره يختلف بشدة داخل أفراد النوع الواحد، وأيضًا بين الأنواع المختلفة. ويُلَمِّحُ تبايُن معدل انتشار سرطانات الحيوانات ثنائية المصراع المُعْدِيَة، وتحديدًا داخل عشائر متمركزة، إلى وجود سباق تَسَلُّح تَطَوُّرِيّ شرس ومستمر بين المُمْرِض والعائل تحت سطح البحر. وبالرغم من عدم الدراية بأَيٍّ من آليات مناعة العائل ضد السرطان، فإن إيضاحها سوف يوفر تبصرًا حول تنوع العمليات المناعية الخاصة بالسرطان، ومراوغته للجهاز المناعي، عبر الأنواع. وإضافة إلى ذلك.. ليس معروفًا كم تبلغ معدلات ظهور الأورام المنتشرة في الحيوانات ثنائية المصراع، ومن ثم فإن تعريف التغيرات الوراثية التي تميِّز بين السرطانات التي تبقى في عائل واحد، وتلك التي تصبح مُعْدِيَةً، قد يوفر معلومات قيِّمة عن آليات قابلية العدوى.

إن تحديد الجداول الزمنية والمسافات الجغرافية التي تدعم التواريخ التطورية للسرطانات المعدية في الحيوانات ثنائية المصراع سوف يوفر فهْمًا أكبر لهذه الأمراض. فمن الممكن، مثلما هو الحال في السرطان المعدي في الكلاب[8]، أن تكون هذه السرطانات سلالات عتيقة من الخلايا التي اشترکت في النشأة مع عوائلها عبر آلاف السنين، أو قد يكون ظهورها حدثًا حديثًا نسبيًّا، ربما حفَّزته عوامل معدية، أو تغيراتٌ بيئية، أو الاستزراع المائي، أو أنشطة بشرية أخرى.

وتثير قدرة الخلايا السرطانية على أن تصبح عناصر معدية حرة المعيشة تساؤلات عن الآثار المترتبة على انتقال السرطان في البشر. ورغم أن انتقال السرطان من شخص إلى آخر، وبقاء الخلايا السرطانية في جسم المستقبِل، تم رصده أثناء نقل وزراعة الأعضاء، والحمل، والعلاجات التجريبية، والحوادث الجراحية، فإن مثل هذا التبادل للسرطان نادرٌ، ولا يتجاوز الانتقالَ بين الفردين أبدًا[8]، غير أنه من المثير أن ما اكتُشِفَ حديثًا من وجود الخلايا الورمية في الدودة الشريطية، وانتشارها بين ناقصي المناعة من عوائلها البشرية[9]، يدعم ما اكتشفه مِتزجَر وزملاؤه من أن السرطانات تستطيع أن تغزو أنواعًا جديدة من العوائل.

إن خطر السرطان متأصل في الكائنات متعددة الخلايا، والدافع التطوري الأساسي لهذا المرض لا يَحترِم حواجز الفرد، أو حتى حواجز النوع. وتوفر سرطانات الحيوانات ثنائية المصراع المعدية نموذجًا جديدًا لنظام بحثي، يتم فيه استكشاف انتقال السرطان، واستجابة العائل. إن فهْم مسبِّبات الأورام المنتشرة في هذه الحيوانات هو أيضًا هِبَةٌ لصناعة الاستزراع المائي، إذ يوفر فرصًا جديدة للمتابعة الحيوية للمرض، والسيطرة عليه. إن اكتشاف السرطانات المعدية واسعة الانتشار تحت سطح البحر يمثل تقدمًا تصوُّريًّا مثيرًا، ويفتح طرقًا إضافية أمام بحوث السرطان. ■

تعمل **إليزابث بي ميرشيسون** في قسم الطب البيطري، جامعة كمبريدج، كمبريدج CB3 0ES، المملكة المتحدة.
البريد الإلكتروني: epm27@cam.ac.uk

1. Metzger, M. J. *et al.* **534,** 705–709 (2016).
2. Metzger, M. J., Reinisch, C., Sherry, J. & Goff, S. P. *Cell* **161,** 255–263 (2015).
3. Murchison, E. P. *Oncogene* **27** (Suppl. 2), S19–S30 (2008).
4. Pye, R. J. *et al. Proc. Natl Acad. Sci. USA* **113,** 374–379 (2016).
5. Barber, B. J. *Aquat. Living Resour.* **17,** 449–466 (2004).
6. Carballal, M. J., Barber, B. J., Iglesias, D. & Villalba, A. *J. Invert. Pathol.* **131,** 83–106 (2015).
7. Fanley, C. A. *Natl Cancer Inst. Monogr.* **31,** 541–555 (1969).
8. Strakova, A. & Murchison, E. P. *Curr. Opin. Genet. Dev.* **30,** 49–55 (2015).
9. Muehlenbachs, A., Mathison, B. A. & Olson, P. D. *N. Engl. J. Med.* **373,** 1845–1852 (2015).

التطور

دور التنظيم الجيني في عملية الانتقال إلى التعدد الخلوي

يقدِّم تحليل مدروس لكائن قريب من الحيوانات ـ اسمه العلمي *Capsaspora owczarzaki* ـ أدلة على تغيرات التنظيم الجيني التي حدثت أثناء عملية الانتقال إلى التعدد الخلوي.

ديفيد بوث، ونيكول كينج

يمكن اقتفاء منشأ جميع الحيوانات، من البشر إلى الإسفنجيات والهلاميات المشطية، من خلال العودة إلى حادثة رئيسة في التاريخ التطوري، وهي الانتقال إلى التعدد الخلوي. ولا شك أن هذا الانتقال شَكَّلته تغيرات بيئية، كارتفاع مستويات الأكسجين، ونشوء خلايا قادرة على الْتِهَام خلايا أخرى أصغر منها[1]. ولفهم العوامل التي سَيَّرت هذه الحادثة الحاسمة، يجب البحث في الجينوم. وفي بحث منشور في دورية "سِل" *Cell*، كتبه سيبيه -بِدروس وزملاؤه[2] عن دراستهم للتنظيم الجيني في كائن مجهري من أبناء عمومة الحيوانات، هو *Capsaspora owczarzaki*، اتضح أن هذا الكائن يمثل حالة انتقالية في تطور آليات التنظيم الجيني، ويوفر

أساسًا لفحص الكيفية التي أضافت بها مثل هذه الآليات إلى نشأة الحيوان.

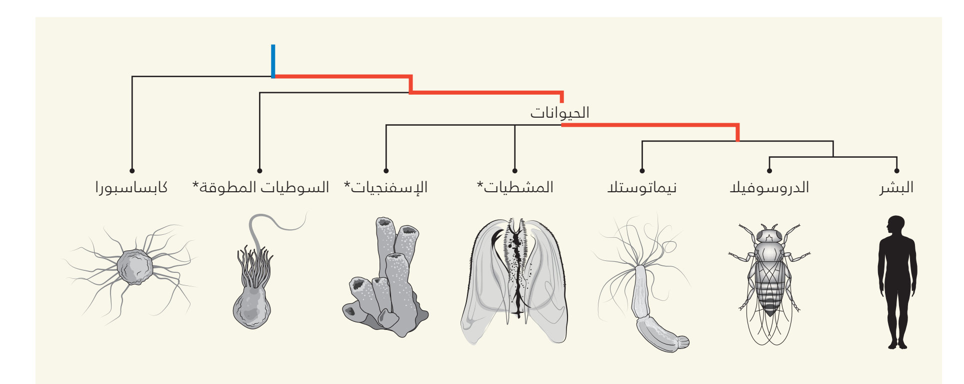
قبل أكثر من 600 مليون سنة، سمحت سلسلة من الإبداعات الوراثية لأسلاف الحيوانات باستغلال الإمكانات البيئية الناشئة فوق سطح كوكب متغير[3]. ولا يمكن دراسة هذه الأسلاف مباشرة، فكيف يمكننا إذَن أن نعرف هذه الإبداعات الوراثية التي كانت لها أهمية كبرى لنشأة الحيوانات؟ لقد توفرت غالبية معلوماتنا عن الجينوم في عصر ما قبل نشوء الحيوانات عن طريق إجراء مقارنات بين الحيوانات الموجودة، وأقاربها اللصيقة، وهي السوطيات المُطوَّقة، وكائن *Capsaspora* (شكل 1). وعلى عكس المتوقَّع، أظهرت هذه الدراسات أن الكثير من أدوات الوراثة في الحيوان (بما فيها الجينات المسؤولة عن تخليق بروتينات التصاق الخلايا، مثل مركّبات "إنتجرين"، و"كادهيرين"، والجينات المسؤولة عن البروتينات الإشارية الحيوية، مثل إنزيمات مستقبِلات (التيروسين)، يتم أيضًا التعبير عنها في كائن *Capsaspora* والسوطيات المُطوَّقة[4]، مما يشير إلى أن العديد من الجينات "الحيوانية" يعود إلى تاريخ أسبق من نشأة الحيوان.

إن الحيوانات بالطبع هي أكثر من مجرد مجموع جيناتها، فهي تمثل التعبير المنظم للجينات عبر المكان والزمان، الذي يساعد على التمييز بين البيضة والجنين، أو بين الرِّجل والجناح، أو بين الخفاش والذبابة. وفي النباتات والفطريات، كما في الحيوانات، تقود عوامل النسخ عملية تخليق الحمض النووي الريبي المرسال، عن طريق التفاعل مع المناطق التنظيمية المعروفة باسم "المُحِثّات"، التي توجد بالقرب من جيناتها المستهدَفة. ويتضح أن التحكم عن قرب في عملية النسخ يسبق نشأة الحيوان، ويُحتمل أن يكون مهمًّا لجميع أوجه الحياة الخلوية.

ومقابل ذلك.. فإن التنظيم النسخي بعيد المدى بواسطة تتابعات معينة في الحمض النووي، تُسمى "المُعزِّزات"، ويمكن أن تقع على مسافة 10 كيلو قاعدة من الجينات التي تنظمها، شُوهد حتى الآن في الحيوانات فقط. لقد تم افتراض مثل هذا التنظيم ليكون الأساس للتنسيق الزماني والمكاني للتمايز الخلوي الذي يميِّز تطوُّر الحيوان[5]، ولكن ليس واضحًا ما إذا كانت المُعزِّزات بعيدة المدى مقصورة على الحيوانات، أم لا، لأنها توجد في الغالب مطمورة في شبكات نسخية معقدة، ويمكن أن يكون رصدها صعبًا.

ولفحص الكيفية التي هيَّأت بها الأنماط المختلفة من التنظيم النسخي نشأة الحيوان، أرسى سيبيه-بِدروس وزملاؤه طرقًا لدراسة الجينومات الوظيفية في كائن *Capsaspora* (تستخدم الجينومات الوظيفية لفحص كيف ترتبط التفاعلات الديناميكية بين البروتينات والحمض النووي الريبي والجينوم بالتعبير الجيني). وبرغم حقيقة أن كائن *Capsaspora* لا يُعتبر كائنًا نموذجيًّا للدراسة وإجراء التجارب، لكنه يتميز بعدة صفات تؤهله للدراسة، فهو سهل الاستزراع في المعمل، كما أنه ينتقل من هيئة الكائن وحيد الخلية إلى هيئة متعددة الخلايا، كما أن الجينوم الخاص به يشفر كثيرًا من عوامل النسخ المحفوظة تطوريًّا في الحيوانات[6].

ويشير مؤلفو البحث إلى أنه رغم البساطة النسبية لكائن *Capsaspora*، فإنه يُعَبِّر عن اثنين من عوامل النسخ، لازمين لنمو الحيوان، هما "ميك" Myc، و"براكيوري" Brachyury، ففي الحيوانات يؤدي "ميك" دور المنظم الرئيس لتكاثر الخلية، بينما يتحكم "براكيوري" في عملية رئيسة خاصة بالنمو، تُسمى "تكوّن المُعَيدة"، وهي العملية التي تُنتِج طبقات الخلايا الرئيسة الثلاث للجسم، ثم يقوم البروتين بعد ذلك بتيسير تميُّز واحدة من هذه الطبقات، هي الطبقة الوسطى. ويؤدي عاملا النسخ وظائفهما عن طريق الاتصال بالمُعزِّزات؛ لكي تنظِّم نسخ شبكة من الجينات[7،8].



الشكل 1 | نشوء آليات التنظيم الجيني. يشير سيبيه- بِدروس وزملاؤه[2] إلى أن عامِلَي النسخ "ميك"، و"براكيوري" يتحكمان في مجموعات متشابهة من الجينات في الحيوانات، وفي أحد أقربائها، *Capsaspora*. ويدل ذلك على أن الشبكات الأساسية للتنظيم الجيني تطورت قبل نشأة الحيوانات (كما يشير الخط الأزرق)، ثم اختيرت لاحقًا لتؤدي دورًا في نمو الحيوان. وفي المقابل، فإن عناصر التنظيم الجيني طويل المدى ـ المعروفة باسم المُعزِّزات ـ لا توجد في كائن *Capsaspora*، لكنها توجد في *Nematostella*، وهو حيوان انفصل مبكرًا في التاريخ التطوري. ومن ثم، فإن المُعزِّزات قد تكون خاصة بالحيوان (يوضح الخط الأحمر المدى الزمني الذي ربما يكون قد حدث خلاله تطوُّر التنظيم الجيني). إن الفهم الكامل لكيفية تطور مشهد التنظيم الجيني في الحيوان سوف يتطلب تحليلات لحيوانات أخرى من تلك التي نشأت مبكرًا، مثل الإسفنجيات، والهلاميات المشطية *Ctenophora*، والحيوانات ذات القرابة الشديدة لها، مثل السوطيات المُطوَّقة *Choanoflagellata*، التي لم يُدرَّس التنظيم الجيني بها بعد (والموسومة بعلامة*).

الجدير بالملاحظة أن سيبيه-بِدروس وزملاءه وجدوا أن شبكات هذه الجينات محفوظة تطوريًّا في الحيوانات، وفي كائن *Capsaspora*.

وبالنظر إلى أن تكاثر الخلايا هو صفة يشترك فيها كائن *Capsaspora* مع الحيوانات، فإن وجود شبكة "ميك" التنظيمية محفوظ تطوريًّا في السلالتين قد لا يكون مستغربًا، ولكن المدهش أن "براكيوري" يبدو أنه ينظم أنواع الجينات نفسها في الحيوانات، وفي كائن *Capsaspora*، رغم حقيقة أنه لا يمر بمرحلة "تكوّن المُعَيدة"، ولا ينتج الطبقة الوسطى. فمثلما نشأت الجينات التي تستخدمها الحيوانات في التصاق الخلايا، وفي التأشير في أسلاف الحيوانات قبل أن يتم اختيارها للقيام بوظائف مختلفة في سياق التعدد الخلوي، يبدو الآن أن بعض الشبكات المنظمة للجينات قد سبق نشأة الحيوان، وتم استدعاؤه لتنظيم عمليات نمو جديدة، إلا أن عملية اختيار جينات الالتصاق الخلوي لتأدية وظائف مختلفة ليست كل شيء، فالإبداعات على مستوى الجينات (مثل تلك التي تشفر لإنتاج البروتين الحيواني الإشاري المسمى Wnt)، وتنظيم الجينات (مثل ترتيب قواعد المُعزِّزات)، قد يكون لها أيضًا ما أضافته إلى نشأة الحيوان. وفي مقابل القِطَع المطولة من الحمض النووي، الواقعة بين الجينات، والمُعزِّزات بعيدة المدى، التي توجد في معظم جينومات الحيوان، فإن جينوم كائن *Capsaspora* مضغوط ومحكم. ورغم بحثهم عن دلائل تشير إلى تنظيم نسخي بعيد المدى في مراحل عدة من دورة حياة كائن *Capsaspora*، لم يعثر سيبيه-بِدروس وزملاؤه على أيٍّ من تلك الدلائل.

ويبدو أيضًا أن الحيوانات طورت ثلاث طوائف جديدة من المُحِثّات[9]، فالنوع الأول والثالث ينظمان الجينات التي تنشط أثناء مراحل محددة من النمو، بينما يوجِّه النوع الثاني التعبير الجينيّ. وقد رصد سيبيه-بِدروس وزملاؤه مُحِثّات النوع الثاني في كائن *Capsaspora*، ولكن ليس النوع الأول أو الثالث. ومن ثم، فإن المُحِثّات من النوعين الأول والثالث قد تكون مستحدثة.

وسوف يكون من المثير استطلاع ما الذي تعنيه هذه الاكتشافات بالنسبة إلى أصول الحيوانات، وتطورها المبكر. إن الدراسات المستقبلية لهذه المناطق ـ غير المعَرَّفة حتى الآن من التنظيم الجيني ـ تَعِدُ بالمساعدة على تحديد كيف ومتى نشأت أول مرة المُعزِّزات طويلة المدى، والنوعان الأول والثالث من المُحِثّات، غير أن المسافة التطورية بين هذه الكائنات والحيوانات المستخدَمة كنماذج في التجارب العلمية، التي تشكل أساس فهْمنا للتنظيم الجيني في الحيوان، قد تجعل من الآليات الجزيئية المحتفَظ بها غير قابلة للرصد بطرق الجينوميات الوظيفية. والأكثر من ذلك.. أن آليات أخرى مهمة للتنظيم الجيني قد تظل غير مكتشَفة في كائن *Capsaspora*، والسوطيات المُطوَّقة، والحيوانات التي انفصلت مبكرًا أثناء تطوُّر الحيوانات.

سوف تحتاج إعادة بناء التنظيم الجيني بالكامل في أسلاف الحيوان إلى إجراء دراسات على أقارب متنوعة، وإدماج طرق الجينوميات الوظيفية الحديثة مع الوراثة المباشرة، التي تكشف عن الجينات المسؤولة عن خاصية محددة، والوراثة العكسية، التي تكشف عن التغيرات التي يجلبها إرباك وظيفة جين محدد. ومن حسن الحظ أن التسلح بتبصُّر علم الجينوم الوظيفي، الذي تَحَقَّق من هذه الدراسة، وترسيخ تقنيات الوراثة المباشرة في السوطيات المُطوَّقة[10]، قد يمكِّنان من تحقيق هذا الهدف في المستقبَل القريب. ■

ينتمي **ديفيد بوث**، و**نيكول كنج** إلى معهد هوارد هيوز الطبي، وقسم الأحياء الجزيئية والأحياء الخلوية بجامعة كاليفورنيا، بيركلي بولاية كاليفورنيا 3200-94720، الولايات المتحدة الأمريكية.

البريد الإلكتروني: dbooth@berkeley.edu، nking@berkeley.edu

1. Knoll, A. H. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.* **39,** 217–239 (2011).
2. Sebé-Pedrós, A. *et al. Cell* **165,** 1224–1237 (2016).
3. Erwin, D. H. *Biol. J. Linn. Soc.* **50,** 255–274 (1993).
4. Richter, D. J. & King, N. *Annu. Rev. Genet.* **47,** 509–537 (2013).
5. Levine, M., Cattoglio, C. & Tjian, R. *Cell* **157,** 13–25 (2014).
6. Sebé-Pedrós, A. *et al. eLife* **2,** e01287 (2013).
7. Lolas, M., Valenzuela, P. D. T., Tjian, R. & Liu. Z. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* **111,** 4478–4483 (2014).
8. Hurlin, P. J. *Cold Spring Harb. Perspect. Med.* **3,** a014332 (2013).
9. Lenhard, B., Sandelin, A. & Carninci, P. *Nature Rev. Genet.* **13,** 233–245 (2012).
10. Levin, T. C., Greaney, A. J., Wetzel, L. & King, N. *eLife* **3,** e04070 (2014).

علم الجينوم

لغــة الزهــور

تقدِّم تسلسلات الحمض النووي الكامل الخاص بالأبوين البَرِّيَّين لزهرة البتونيا نظرة جينية ثاقبة وقَيِّمة فيما يخص هذا النبات النموذج، كما أنها ستحسن إمكانية الوصول إلى المستوى الأمثل في المحاصيل الأخرى.

ساندرا ناب، وداني زامير

غالبًا ما يُعتقَد أن تدجين النباتات ينطبق بشكل رئيس على المحاصيل الغذائية، إلا أن الاستنبات قد استُخدِم أيضًا على نطاق واسع؛ لتعزيز جمال نباتات الزينة. في ورقة بحثية نُشرت في دورية "نيتشر بلانتس" *Nature Plants*، أورد بومبارلي وزملاؤه[1] تسلسلات جينوم نوعين من أسلاف نبات *Petunia hybrida*، الذي يُستنبت من أجل زهوره. تلك الجينومات تُعَدّ إضافة مرموقة إلى تسلسلات الحمض النووي المعروفة الخاصة بأفراد عائلة Solanaceae[2]، كما أنه من شأنها أن تمكِّن الباحثين من الكشف عن الآليات الأساسية للتطور وعلم البيئة ووظائف الجينات، وسوف تساعد في تقريب فهْم علاقات جينومات النباتات ببعضها البعض.

يُستخدم نبات *Petunia* كنموذج في التجارب العلمية، لكن ما قد يثير الاستغراب هو السبب وراء كون جينوم زهرة شائعة مثل هذه بتلك الأهمية. فبرغم بلوغ قيمة الاستهلاك العالمي السنوي لمنتجات زراعة الزهور 30 مليار دولار أمريكي، إلا أن كثيرًا من البحوث يستهدف الوصول إلى المستوى الأمثل من الإنتاجية، والشكل، واللون الأفضل للزهرة، وعمرها في المزهرية ورائحتها المثاليين. توصلت دراسات سابقة[3] إلى تحديد كثير من الجينات التي تؤثر في خصائص زهرة *Petunia*، مُلقيةً بذلك الضوءَ على الحفظ التطوري والتنوع الوظيفي بين أصناف مختلفة من نباتات الزينة. أما بومبارلي وزملاؤه، فيقدمون الآن أرضية قوية لمجال صناعة زهور الزينة، من أجل تطبيق هذه المعلومات على أنواع أخرى، بما يزيد من تطوير أصناف وأنواع تجارية جديدة في هذا المجال البحثي المهم من الناحية الاقتصادية.

تتنوع زهور نباتات البتونيا البرية من حيث الشكل واللون[4]، فتلك المستنبَتة هي هجين من نوعين بريين، هما *Petunia inflata*، ذو الأزهار الوردية، و*Petunia axillaris* ذو الأزهار البيضاء. قام بومبارلي وزملاؤه بالكشف عن تسلسل جينومات النوعين، كما استخلصوا البيانات النسخية (التي تقدِّم معلومات مفصلة عن كل جزيئات الحمض النووي الريبي المرسال في الخلايا) من ثلاث سلالات متباعدة من *P. hybrid* كانت قد استُزرِعَت. وتُعَدّ تلك البيانات مصدرًا ممتازًا لتحليل الجينات التي تضفي الخصائص المحددة لنبات *Petunia*، وكذلك جينومات الهجين.

وجد مؤلفو البحث أن غالبية الجينات التي يتم التعبير عنها في الأنواع المستنبَتة تأتي من النوع *P. axillaris*، إذ يبلغ عددها 15,000 جين، مقارنةً بـ600 جين فقط من النوع *P. inflata*. وهو ما يمكن إرجاعه جزئيًّا إلى استخدام خلفية بيضاء اللون، مأخوذة من *P. axillaris*، كساحةٍ للتلاعب بالألوان في الأنواع المستنبتة. أما التفسير البديل لذلك، فهو تحوير الجينات، حيث تسود مجموعة جينات أبوية واحدة؛ وهو ما كان يُعتقد لوقت طويل أنه يقتصر على الأنواع متعددة الصيغ الصبغية، التي تمت فيها مضاعفة الكروموسومات أثناء التطور، إلا أن بومبارلي وزملاءه يطرحون فكرة مختلفة، وهي أن تحوير الجينات بشكل مشابه لذلك الذي يُرى عادةً في محاصيل النباتات متعددة الصيغ الصبغية من عائلة Solanaceae، كالتبغ مثلًا، قد يحدث أيضًا في الهجائن، مثل نبات *Petunia* غير متعدد الصيغ الصبغية.

إن الألوان والروائح لها دور حاسم في جذب الملقحات[3,5]. يلقَّح نباتُ *P. axillaris* بواسطة الفراشات، ويُنتِج مركبات متطايرة تعطي زهوره التي تتفتح ليلًا عطرًا قويًّا، بينما يُلقَّح نبات *P. inflata* بواسطة النحل، وله رائحة ضعيفة، لكنّ بومبارلي وزملاءه وجدوا أن التسلسل الجيني وحده لا يمكن أن يفسر هذه الاختلافات. فالنظام البيئي للجينوم نظام معقد، إذ يتألف من عدة مستويات من التنظيم، لا تغيِّر تسلسل الحمض النووي. ويوضح مؤلفو البحث أن الساعة اليومية تنظِّم عملية إنتاج الروائح عالية التنوع في أنواع عائلة Solanaceae، ما قد يشير إلى الدور الرئيس للمسارات الكيميائية الحيوية التي تنظم التواتر اليومي في قيادة التأقلم مع البيئات المختلفة، ومن ثم التنوع.

ومن حيث اللون، تُعَدّ جينومات نبات *Petunia* مصدرًا قويًّا لفهم الأساس الجينومي لمسارات التخليق الحيوي للأصباغ المعروفة باسم أصباغ الإنتوسيان، ولتحليل كيف يمكن لموضع الجين وتضاعفه أن يسهما في تنوع الخصائص، بما يحفز عملية التنوع[6]. يشترك كل من النوعين الأبوين في المسار الأساسي نفسه لتخليق الإنتوسيان؛ وكما هو متوقع، فقدت نبتة *P. axillaris* ذات الزهور البيضاء بعض أجزائها الطرفية عبر مسيرة التطور، إلا أن بعض الجينات التي ترمز لعوامل النسخ المنظمة للتعبير عن مكونات مسار تخليق الإنتوسيان يستقر في مناطق ديناميكية بشكل استثنائي في الجينوم. ويقدم المؤلفون دليلًا على أن عمليات إعادة الترتيب الكبيرة والسريعة في تلك المناطق كان لها دور في تنوع عائلة Solanaceae.

أدَّى تدجين عديد من الأسلاف المرتبطة بعائلة Solanaceae من قِبَل البشر إلى إنتاج محاصيل حديثة قريبة الصلة من بعضها البعض، وتحتوي على مجموعات متشابهة من الجينات، مع خصائص شديدة التباين. فعلى سبيل المثال.. تشتق نباتات البتونيا والباذنجان والطماطم والفلفل والبطاطس والتبغ من أعضاء تنتمي إلى عائلة Solanaceae، كما أن البطاطا الحلوة والبُنّ هما أعضاء قبيلة واحدة، هي مجموعة أكبر، تُسمى





FROM RIGHT: FOTODISK/GETTY; ONEPONY/GETTY; THE GARDEN SMALLHOLDER/GETTY

الشكل 1 | عائلة متنوعة من المحاصيل. تم استزراع محاصيل تنتمي إلى عائلة Solanaceae؛ للحصول على منتجات زراعية ومنتجات زينة متنوعة، بما فيها الثمار (الطماطم)، والزهور (البتونيا)، والدرنات (البطاطس). يقدم بومبارلي وزملاؤه[1] في بحثهم تسلسل جينوم نوعين من أسلاف نبات *Petunia* المستأنس، وهو ما سيساعد الباحثين على اكتشاف خبايا الأساس الجيني لإنتاجية المحصول.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

"euasterids". وقد تمت تربية كل نوع؛ لتعزيز إنتاجية الأعضاء المختلفة (الشكل 1). وبفضل عمل بومبارلي وزملائه، أصبحت جينومات هذا العنقود الفريد من المحاصيل قريبة الصلة ببعضها البعض متاحةً الآن[2]، وهو ما يسمح لنا بدراسة سؤال حيوي مهم: ما هي العوامل الجينية التي تؤدي إلى توازن تكوين نبات ما بين أعضاء نباتية تقوم بالتمثيل الضوئي عبر تثبيت ثاني أكسيد الكربون (تُعرف بالمصدر)، وبين أعضاء تناسلية يستهلكها البشر (تُعرف بالحوض)، وتقوم بتخزين الطاقة الكيميائية في صورة مركّبات الكربوهيدرات[7]؟

إن الإجابة على هذا السؤال من شأنها أن تفيد في تحقيق الإنتاجية المثلى للمحاصيل في عديد من أنواع النباتات، إذ يحدد هذا التوازن مقدار الطاقة الكيميائية التي سيتم توجيهها نحو المنتَج الزراعي، فإنّ حقيقة أن أعضاء مختلفة تشكل أحواضًا في محاصيل عائلة Solanaceae والمحاصيل المرتبطة بها قد تمكّننا من تحديد الجينات المنظمة للتوازن، فيما هو أبعد من تلك التي تتحكم في خصائص معينة خاصة بالعلاقة بين الأعضاء والحوض. ومن شأن تلك المعرفة أن تتيح تحديد الإبداعات الكامنة في العلاقة بين الحوض والمصدر، التي يسببها التطور أو الانتخاب الذي يقوم به الزارع في نوع معين من النبات، والتي يمكن تطبيقها على محاصيل أخرى باستخدام صندوق الأدوات الجزيئي المتضخم بشكل سريع، الخاص بالزارع[8].

إن التنوع الكبير في نبات البتونيا ـ مع فهْمنا الحديث للجينات التي تنظم هذا الجمال الخلاب ـ سوف يسهل الوصول إلى فهم أعمق للغة الجينية المنظمة لبهاء الزهور ورونقها، غير أن هناك تحديًا أكبر، يتمثل في فهم التباين والتنوع الذي يحدث بشكل طبيعي، وكذلك استخدام هذه المعرفة لتحسين حفظ التنوع الحيوي الذي يَعتمِد عليه مستقبلنا.

وإذا كنا سنستخدم علوم الجينوم، كي نفك العلاقات التطورية بين نباتات عائلة Solanaceae والأنواع الأخرى، فإن كل جينوم يجب أن يُنظَر إليه في سياق خصائص النبات، وضغوط الانتخاب التي يواجهها في البرية. إن مِن الحواجز الرئيسة التي تعوق الربط بين الجينومات والخصائص غياب الإجماع على كيفية تدوين الصفات النوعية والكمية بطريقة قابلة للحساب[9]. وتمثل قاعدة البيانات التي تم تطويرها من قِبَل شبكة جينوم عائلة Solanaceae (https://solgenomics.net) خطوة نحو هذا الهدف، إذ تقدِّم علم الكينونة اللازم لوصف خصائص أنواع نباتية مختلفة في إطار عمل مشترك[10].

أما الخطوة التالية، فتتمثل في ربط الجينومات بالصفات في إطار عمل قائم على نُظُم المعلومات الحيوية، يمكنه أن يربط تسلسلات معينة من الحمض النووي بصفات تنشأ في مراحل مختلفة من نمو النبات، وفي بيئات متباينة. وقد يكون التحدي الأعظم في ربط الجينوم بالصفات التي يرمز لها تحديًا اجتماعيًّا، يتمثل في إقناع المجتمع العلمي بإيداع بياناته في قواعد مفتوحة ومجانية، تكون متاحة للاستخدام من قِبَل آخرين. ■

ساندرا ناب تعمل في قسم علوم الحياة، متحف التاريخ الطبيعي، لندن SW7 5BD، المملكة المتحدة.
داني زامير يعمل في كلية الزراعة، الجامعة العبرية في القدس، ريهوفوت، إسرائيل.
البريد الإلكتروني: s.knapp@nhm.ac.uk؛
dani.zamir@mail.huji.ac.il

1. Bombarely, A. *et al. Nature Plants* http://dx.doi.org/10.1038/nplants.2016.74 (2016).
2. Lyons, E., Freeling, M., Kustu, S. & Inwood, W. *PLoS ONE* **6,** e16717 (2011).
3. Gerats, T. & Vandenbussche, M. *Trends Plant Sci.* **10,** 251–256 (2005).
4. Stehmann, J. R. *et al.* in *Petunia* (eds Gerats T. & Strommer T.) 1–26 (Springer, 2009).
5. Sheehan, H. *et al. Nature Genet.* **48,** 159–166 (2016).
6. Venail, J., Dell'olivo, A. & Kuhlemeier, C. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* **365,** 461–468 (2010).
7. White, A. C., Rogers, A., Rees, M. & Osborne, C. P. *J. Exp. Bot.* **67,** 31–45 (2016).
8. Puchta, H. *Genome Biol.* **17,** 51 (2016).
9. Deans, A. R. *et al. PLoS Biol.* **13,** e1002033 (2015).
10. Fernandez-Pozo, N. *et al. Nucleic Acids Res.* **43,** D1036–D1041 (2014).

كيمياء جيولوجية

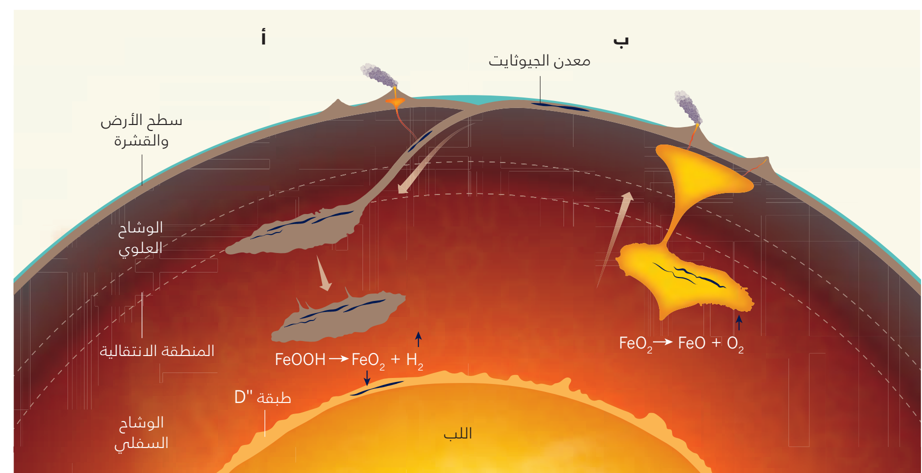
الهيدروجين والأكسجين في أعماق الأرض

يشير اكتشاف حديث لأحد أنواع أكاسيد الحديد التي تتكون عند ضغط مرتفع جدًّا إلى أن إنتاج الهيدروجين والأكسجين - وهما عنصران يؤثران بقوة في تطور الأرض - يتم في الوشاح.

تاكيهيكو ياجي

يؤثر الهيدروجين بشكل كبير على خصائص مواد عديدة. ويُعتقد أن معظم الهيدروجين الموجود في كوكب الأرض حديثا يوجد في جزيئات الماء، التي تشكل الكثير منها المعادن الحاملة للمياه. ولذلك.. فمن الأهمية بمكان أن نفهم ثبات ودورة مثل هذه المعادن المائية في باطن الأرض. ولقد أدَّت هذه الحاجة إلى إجراء دراسات عديدة للمعادن المائية تحت ضغط عال، وحرارة عالية. وفي ورقة بحثية حديثة، يلقي هو وزملاؤه[1] ضوءًا جديدًا على موضوع دورة الهيدروجين، حيث أفاد الباحثون بأن أكسيد الحديد الغني بالأكسجين (FeO_2) يكون مستقرًّا عند ضغط أكبر من حوالي76 جيجا باسكال، وأن هذه المادة قد تمكِّن من حدوث دورات لم تكن معروفة للهيدروجين والأكسجين في وشاح الأرض.

يتكون لُبّ الأرض من الحديد الفلزي، بينما تحتوي المعادن الأساسية في الوشاح العلوي للأرض علي الحديد ثنائي الأكسدة (Fe^{2+}). ويُعتبر معدن الهيماتيت (Fe_2O_3) هو الصورة الأكثر انتشارًا للحديد على سطح الأرض، الذي يحتوي علي أكسيد الحديد الثلاثي، ويمثل المكون الرئيس لخامات الحديد. ويُعتقد أن هذه الصورة قد تكونت بفعل أكسدة الحديد ثنائي الأكسدة، أو الحديد الفلزي بواسطة الظروف المناخية الحديثة لكوكب الأرض، الغنية بالأكسجين. وبناء على توزيع الحديد الثلاثي، والحديد الثنائي، والحديد الفلزي في طبقة سطح الأرض، وحتى لُبّها، فإنه يُعتقد أن عملية الاختزال في الأرض تزداد



الشكل 1 | مصدر مقترَح للهيدروجين والأكسجين في الوشاح السفلي . أ) ألواح القشرة الأرضية الهابطة يمكن أن تُحمل إلى المنطقة الانتقالية بين الوشاح العلوي والسفلي، حيث ترتفع درجة حرارتها، حتى تتكون معادن كثيفة. تغوص المادة الكثيفة عندئذ إلى قاع الوشاح السفلي. ويقترح هو وزملاؤه أنه عندما يحمل معدن الجيوثايت FeOOH، (يتكون عادة بتفاعل معدن الهيماتيت والماء على سطح الأرض) إلى الوشاح بواسطة لوح من القشرة الأرضية، سيتكون أكسيد حديد غني بالأكسجين (FeO_2)، وسيتكون الهيدروجين على أعماق أكبر من 1800 كيلومتر. سوف يغوص أكسيد الحديد الكثيف (FeO_2) إلى قاع الوشاح السفلي, وربما يساعد في تفسير التعقيدات التركيبية لطبقة "D"، التي تقع بالقرب من الحد الفاصل بين اللب والوشاح. وسوف ينتشر إلى أعلى الهيدروجين سريع الحركة. **ب)** لو ارتفعت المادة المحتوية على أكسيد الحديد (FeO_2) من خلال الحركة في الوشاح السفلي، فإنها سوف تنفصل؛ وتحرِّر الأكسجين على أعماق أقل من 1500 كم (مقتبَس من رسم بواسطة جَن تسوشيا).

مع العمق، ولذلك.. فإن كمية الحديد الثلاثي ستكون محدودة في الوشاح السفلي.

وقد كشفت التجارب المعملية التي تمت تحت ضغط عال[2,3] أنه عند تعرُّض معدن الأوليفين $(Mg,Fe^{2+})_2SiO_4$ (المعدن الأكثر وفرة في الوشاح العلوي) إلى ظروف مشابهة لتلك الموجودة بالوشاح السفلي؛ فإنه يتحول إلى خليط من معدنين آخرين، هما: بريدجمانيت $(Mg,Fe^{2+})SiO_3$، وفيروبيريكليز $(Mg,Fe^{2+})O$. ومع ذلك.. توجد أيونات الألومنيوم في الوشاح، وعند إضافتها؛ يتكون معدن البريدجمانيت، الذي يحتوي علي كمية كبيرة من الحديد الثلاثي، مع معدن الفيروبيريكليز، وبعض الحديد الفلزي[4]. ويمكن أن يمثل الحديد الثلاثي أكثر من 60% من كل الحديد في معدن البريدجمانيت.

ويضيف هو وزملاؤه إلى هذه الصورة من خلال دراسة ما يحدث عندما يتعرض الهيماتيت لضغط عال في وجود الأكسجين، ويتعرض للتسخين تحت ظروف الضغط والحرارة المشابهة لتلك الموجودة بالوشاح السفلي العميق (78 جيجا باسكال، و1800 كلفن). استخدم الباحثون حيود الأشعة السينية؛ لدراسة العينة، ولكن أنماط الحيود الناتجة كانت "غير مكتملة"، كما أن العينة لم تكن في شكل مسحوق أو بلورة واحدة. وفي مثل هذه الحالات، لا يمكن تحديد التركيب البلوري للمواد بالتفصيل. ولذلك.. استخدم الباحثون طريقة تُسمى بلورية الحبيبات المتعددة[5]؛ لدراسة الأنماط غير المكتملة؛ وخلصوا إلى أن العينة هي بمثابة تجمُّع لـ33 بلورة، تَغَيَّر فيها الهيماتيت إلى أكسيد الحديد FeO_2 ، الذي يحمل التركيب الذري نفسه لمعدن البيريت (FeS_2).

ربما تعني هذه النتيجة أن الحديد رباعي الأكسدة Fe^{4+} ـ وهو شكل من الحديد، يكون غير مستقر في الوضع الطبيعي ـ يتكون تحت الظروف التجريبية القاسية، وأن شحنته تمت معادلتها بأيونين من أيونات الأكسجين O^{2-}. ومع ذلك.. وجد هو وزملاؤه أن طول الرابطة بين ذرتي الأكسجين (O-O) في مركّب أكسيد الحديد FeO_2 هي1.937 أنجستروم فقط؛ وبالمقارنة فإن طول نصف قطر أيون الأكسجين O^{2-} هو 1.4 أنجستروم (مرجع 6)، وهو ما يمثل طول 2.8 أنجستروم، أو أكثر للرابطة O -O. ومع ذلك.. يتشابه طول الرابطة الملاحَظ مع الطول النموذجي لرابطة O-O لأيون البيروكسيد (O_2^{2-}). وإذا احتوت العينة أيونات بيروكسيد، فإن الحديد لا بد أن يكون ثنائي الأكسدة؛ ليعادل شحنة هذه الأيونات، وبمعنى آخر.. تم اختزال الحديد من ثلاثي Fe^{3+} في الهيماتيت إلى ثنائي Fe^{2+}. مِثل هذا التفاعل ممكن فقط تحت ضغط عال، لأن جزيء FeO_2 له حجم أقل من حجم خليط من الهيماتيت والأكسجين. والحجم الأقل يصبح مرغوبًا من حيث الطاقة تحت ضغط عال جدًّا.

وقد أوضح هو وزملاؤه أن معدن الجيوثايت، FeOOH، يكوِّن أيضًا أكسيد الحديدFeO_2 عند درجة 2050 كلفنًا، وضغط 92 جيجا باسكال، عن طريق تحرير الهيدروجين. ويتشكل الجيوثايت عادةً من تفاعل الهيماتيت والماء على سطح الأرض. كما أظهر الباحثون أن أكسيد الحديد FeO_2 المتكوِّن بهذه الطريقة يصبح غير مستقر، وربما ينقسم ـ عندما يتم خفض الضغط ـ إلى أكسيد حديد ثنائي (FeO) وأكسجين.

تطرح هذه النتائج احتمالات جديدة لكيفية تكوُّن الهيدروجين والأكسجين، ودورتهما داخل الأرض. عندما يُحمل الجيوثايت (أو خليط من الهيماتيت والماء) إلى الوشاح السفلي، عن طريق عمليات الاندساس، عندها يتكون الهيدروجين وأكسيد الحديد FeO_2 (شكل 1). ولأن الهيدروجين سريع الحركة، فسوف ينتشر صعودًا؛ ليهرب في نهاية المطاف إلى الجو، في حين أن أكسيد الحديد FeO_2 الثقيل سوف يغوص إلى قاع الوشاح السفلي، ولكن إذا رفع عمود الصخور المندفع إلى أعلى من الوشاح، على سبيل المثال، أكسيد الحديد FeO_2 إلى الجزء العلوي من الوشاح السفلي؛ فسيكون غير مستقر، وسيحرر غاز الأكسجين في طريقه. وهذا يعني أنه ربما يتم أحيانًا إنتاج كميات كبيرة من الهيدروجين والأكسجين في الوشاح السفلي.

لم يُؤْخَذ هذا الاحتمال في الاعتبار من قبل. وكما يدّعي الباحثون، ربما كانت هذه العملية مصدرًا إضافيًّا، أو بديلًا للأكسجين للأحداث الكبرى (الأكسدة)، وهي فترات مرت في تاريخ الأرض، فيها أصبح الغلاف الجوي مؤكسَدًا. وكان يُعتقد، حتى الآن، أن الأكسجين يتم توفيره بواسطة النشاط البيولوجي وحده.

وإذا حرر اندساس الجيوثايت الهيدروجين، فكيف سيتصرف على أعماق كبيرة؟ إنّ الهيدروجين غير مرئي للأشعة السينية والميكروسكوب الإلكتروني، للأسف؛ مما يجعل من الصعب دراسة سلوكه على مستوى الذَّرّة. ويمثل حيود النيوترونات أداة قوية للمراقبة المباشرة للهيدروجين، وقد استُخدم بنجاح جهاز تحليل[7,8] يوظف هذه التقنية في تتبُّع حركة الهيدروجين داخل المواد تحت ضغوط ودرجات حرارة العالية[9]. ويمكن استخدام مثل هذه التقنيات في دراسة سلوك الهيدروجين في باطن الأرض.

إذَن، ما هو مصير أكسيد الحديد FeO_2 عندما يغوص إلى قاع الوشاح السفلي؟ تمامًا مثل استنتاج[10] أن معدن البريدجمانيت يُكَوِّن مادة كثيفة غير متوقَّعة عند ضغط أكبر من120 جيجا باسكال، يقترح بحث هو وزملائه تفسيرات للتعقيدات التركيبية لمنطقة تُسمى "طبقة D" بالقرب من الحد الفاصل بين اللب والوشاح. يتطلب الأمر مزيدًا من الدراسات؛ لمعالجة هذه القضية، والعمل على توضيح كيفية دوران الهيدروجين والأكسجين في أعماق الأرض. ■

تاكيهيكو ياجي يعمل في مركز أبحاث الكيمياء الجيولوجية، جامعة طوكيو، طوكيو 113-0033، اليابان.

1. Hu, Q. *et al. Nature* **534,** 241–244 (2016).
2. Liu, L.-G. *Phys. Earth Planet. Inter.* **11,** 289–298 (1976).
3. Ito, E. & Takahashi, E. *J. Geophys. Res. Solid Earth* **94,** 10637–10646 (1989).
4. Frost, D. J. *et al. Nature* **428,** 409–412 (2004).
5. Sørensen, H. O. *et al. Z. Kristallogr.* **227,** 63–78 (2012).
6. Shannon R. D. & Prewitt C. T. *Acta Crystallogr. B* **25,** 925–946 (1969).
7. Hattori H. *et al. Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A* **780,** 55–67 (2015).
8. Sano-Furukawa A. *et al. Rev. Sci. Instrum.* **85,** 113905 (2014).
9. Machida, A. *et al. Nature Commun.* **5,** 5063 (2014).
10. Murakami, M., Hirose, K., Kawamura, K., Sata, N. & Ohishi, Y. *Science* **304,** 855–858 (2004).

علم الأحياء المجهرية

الجانب المظلم للمضادات الحيوية

إن التفاعلات التي تحدث في الأمعاء بين خلايا المضيف والبكتيريا يمكنها الحفاظ على الصحة، أو التسبُّب في المرض. لذا.. قامت دراسة حديثة باستكشاف طيف تأثير العلاج بالمضادات الحيوية على خلايا المضيف، ما يؤدي إلى نمو البكتيريا المسبِّبة للأمراض.

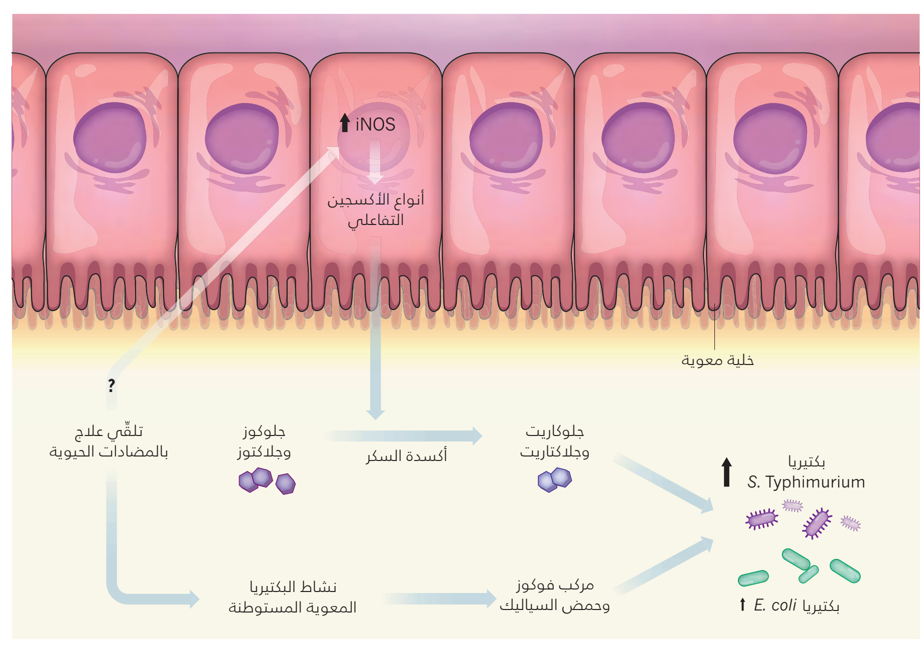
ثيبولت جي. سانا، ودينيزام. موناك

إن إحدى التأثيرات الجانبية غير المرغوب فيها للمضادات الحيوية هي ازدياد بكتيريا القناة الهضمية المسبِّبة للأمراض. ومؤخرًا، أظهرت دراسةٌ قام بها فابر وزملاؤه[1] أن النمو المتزايد للبكتيريا المعوية المسبِّبة للمرض من نوع *Salmonella enterica* serovar Typhimurium ـ وتُسمى اختصارًا S. Typhimurium ـ بعد علاج الفئران بالمضادات الحيوية ينجم عن عملية أكسدة مركّبات السكر، التي يحفزها أحد إنزيمات المضيف.

تقوم مجموعة كثيفة من الميكروبات المستوطنة ـ التي تُعرف باسم مجهريات البقعة ـ باستعمار الجهاز الهضمي في الثدييات، وهي تساعدنا على هضم بعض الأطعمة، كما تقوم بمنع استيطان الكائنات الدقيقة الغازية، وتلك التي قد تكون عدائية، وهي صفة تتحلى بها، تُسمى "مقاومة الاستعمار". عادةً ما تؤدي الاضطرابات التي تصيب مجهريات البقعة ـ كتلك الناجمة عن استخدام المضادات المأخوذة عن طريق الفم ـ إلى زيادة استعمار الجهاز الهضمي بأنواع من البكتيريا المعوية المُمْرِضة، مثل S.Typhimurium، و *Clostridium difficile*[2,3]؛ إذ تقوم المضادات الحيوية واسعة النطاق بالقضاء على مجهريات البقعة الطبيعية المستوطنة (المتعايشة مع المضيف)، ما يتيح تكاثر المُمْرِضات، ويؤدي بدوره إلى التهاب الجهاز الهضمي[4]. وبذلك يحدث الإسهال والالتهاب المصاحِبَين لتناول المضادات الحيوية في 5-25% ممن يتناولونها؛ وهي تُعتبر مشكلة صحية كبيرة[5].

إن توافر المواد الغذائية يُعَدّ عاملًا رئيسًا لتحديد قدرة البكتيريا على النمو. فقد كان يُعرف منذ عقود أن المعالجة المسبقة للفئران بالمضاد الحيوي "ستربتومايسين" تزيد من التهاب القولون الناجم عن بكتيريا S.Typhimurium[6]؛ وتظهر عناصر غذائية عديدة في الأمعاء الملتهبة، بإمكانها تسهيل استنساخ هذا النوع من البكتيريا. فعلى سبيل المثال.. تستطيع بكتيريا S.Typhimurium وأعضاء أخرى من عائلة Enterobacteriaceae أن تستخدم الإيثانولامين الناتج عن تفكُّك الأغشية الخلوية كمصدر للكربون والنيتروجين[7-9].

وإضافة إلى ذلك.. قد يؤدي تعطيل الشبكة الغذائية الميكروبية ـ بمساعدة المضادات الحيوية ـ إلى إطلاق مركّبات السكر من مجهريات البقعة في الأمعاء؛ ما يعزز نمو بكتيريا S.Typhimurium و*C. difficile*[10]. وإضافة إلى ذلك.. تزيد المضادات الحيوية أيضًا من مستويات إنزيم (سنثيز حمض النتريك المحرّض) (iNOS)[11] الخاص بالمضيف، إلا أنه لم يتم



الشكل 1 | تغيّرات الأمعاء بعد العلاج بالمضادات الحيوية. أثبت فابر وزملاؤه[1] أن علاج الفئران بالمضادات الحيوية يزيد من إنزيم iNOS الخاص بالمضيف، وذلك من خلال آلية غير معروفة. ويمكن لهذا الإنزيم أن ينتج أنواع الأكسجين التفاعلي، التي يَفترض الباحثون أنها تستطيع أكسدة مركّبي الجلوكوز والجلاكتوز؛ لتحوِّلهما إلى الجلوكاريت والجلاكتاريت، على التوالي. ويتم استقلاب مركبات السكر المؤكسدة تلك من قبل بكتيريا *Salmonella enterica* serovar Typhimurium – وتُسمى اختصارًا S. Typhimurium– وكذلك أعضاء من عائلة Enterobacteriaceae، مثل البكتيريا المستوطنة *Escherichia coli*. كما يؤدي العلاج بالمضادات الحيوية أيضًا إلى تكوين حمض السياليك، ومركّب الفوكوز، بفعل نشاط البكتيريا المستوطنة. ويمكن لهذه العناصر الغذائية أن يتم استقلابها هي الأخرى من قِبَل بكتيريا S. Typhimurium[10]. ولذا.. فإن العلاج بالمضادات الحيوية يخلق في النهاية مزيجًا ممتازًا من العناصر الغذائية التي تساعد بكتيريا S. Typhimurium على التكاثر.

نشر شيء من قبل حول الصلة بين هذا الإنزيم، وتحفيز نموّ بكتيريا S.Typhimurium في الأمعاء. لذا.. فإن أبرز ما أضافه بحث فابر وزملائه يتمثل فيما قدموه من رؤية ميكانيكية ثاقبة للكيفية التي يؤدي بها العلاج بالمضادات الحيوية إلى توليد جيل من مركّبات السكر المؤكسَدة، التي تَعتمِد على إنزيم iNOS، والتي تستخدمها بكتيريا S.Typhimurium كمصدر غذائي يساعدها على النمو سريعًا في الأمعاء.

قام الباحثون بالبحث في التغيرات التي تحدث بعد تَلَقِّي علاج بالمضادات الحيوية. فبعد التأكد من أن العلاج يؤدي إلى تعبير مفرط لإنزيم iNOS (عن طريق آليّة غير معروفة)، أظهر الباحثون أن عملية أكسدة الجلوكوز والجلاكتوز في الأمعاء، المعتمدة على الإنزيم، والمحفَّزة من قِبَل المضيف، تؤدي إلى توليد نوعين آخرين من مركّبات السكر، هما الجلوكاريت والجلاكتاريت؛ وكلاهما يمكن استقلابه من قِبَل بكتيريا S.Typhimurium.

بعد ذلك، قام الباحثون بتوصيف الجينات التي تشارك في عمليات استقلاب الجلوكوز والجلاكتوز المؤكسَدين، الخاصة بهذا النوع من البكتيريا، والمتمثلة في المشغِّل الجيني *gudT ygcY gudD STM2959*. يقوم الهيدروجين - أحد منتجات عملية تخمير مجهريات البقعة[12] - بتحفيز تعبير هذه الجينات، ما يشير إلى أن عملية إنتاج الإنزيمات التي ترمز لها منظَّمة جدًّا، وفي الغالب تقتصر على البيئات التي تشبه بيئة الأمعاء. ومن المثير للاهتمام أن هناك جينات ذات صلة، تم العثور عليها في أنواع أخرى تنتمي إلى عائلة Enterobacteriaceae، وموجودة ضمن مجموعات البكتيريا المستوطنة، مثل *Escherichia coli*، و*Klebsiellaoxytoca*. ويبيِّن الباحثون أن هذه الجينات تلعب دورًا مهمًّا أيضًا في زيادة أعداد بكتيريا *E. Coli* في الأمعاء، بعد تَلَقِّي المضادات الحيوية.

ونظرًا إلى أن بكتيريا S.Typhimurium في الغالب تنافس البكتيريا المتعايشة في الحصول على مركّبات السكر المؤكسَدة، فمن الطبيعي التكهن بأنها ربما قد طَوَّرت آليات معينة؛ للتفوق على البكتيريا المستوطنة في التغذِّي على المصدر الغذائي المتاح، إلا أن إيضاح مثل تلك الآليات من شأنه أن يزيد من تعقيد فهْمنا لتجاوب مجهريات البقعة مع المضادات الحيوية، وسيتطلب المزيد من الدراسات. وهكذا، فإن زيادة بكتيريا S.Typhimurium في الأمعاء بعد تلقِّي علاج بالمضادات الحيوية يمكن إرجاعه إلى العناصر الغذائية التي تقدمها مجهريات البقعة، وهي حمض السياليك، ومركّب الفوكوز-[10]، وإلى عمليات أكسدة الكربوهيدرات في الأمعاء، التي يتوسطها المضيف، والتي توفر للمُمْرِض مصادر غذائية متنوعة (الشكل 1).

تفيد المضادات الحيوية بالتأكيد في علاج حالات العدوى البكتيرية الحساسة لها، وتقدم فوائد صحية للإنسان، لكن مع ظهور مسبِّبات أمراض مقاومة لعقاقير متعددة في آن واحد، ويُتوقَّع[13] لها بحلول عام 2050 أن تقضي على حياة 10 ملايين شخص في السنة الواحدة، فثمة جانب سيئ للمضادات الحيوية. وتقوم الآلية التي وصفها فابر وزملاؤه بإلقاء الضوء على جانب مظلم آخر أيضًا. كما تقوم الآن أعداد متزايدة من الدراسات بوصف الآليات التي تستخدمها المُمْرِضات المعوية للاستفادة من الفترة التالية لفترة تعاطي المضادات الحيوية، لزيادة التناسخ في الأمعاء، وإصابة المضيف بالعدوى بنجاح. وقد يؤدي العمل الذي قام به فابر وزملاؤه إلى تطوير أساليب علاجية أحدث وأفضل؛ للوقاية من الأمراض الناجمة عن تناول المضادات الحيوية. ■

ثيبولت جي. سانا، و**دينيز إم. موناك** يعملان في قسم الأحياء الدقيقة والمناعة بكلية الطب في جامعة ستانفورد، ستانفورد، كاليفورنيا 94305، الولايات المتحدة الأمريكية.
البريد الإلكتروني: tsana@stanford.edu؛
dmonack@stanford.edu

1. Faber, F. *et al. Nature* **534,** 697–699 (2016).
2. Pavia, A. T. *et al. J. Infect. Dis.* **161,** 255–260 (1990).
3. Kelly, C. P., Pothoulakis, C. & LaMont, J. T. *N. Engl. J. Med.* **330,** 257–262 (1994).
4. Högenauer, C., Hammer, H. F., Krejs, G. J. & Reisinger, E. C. *Clin. Infect. Dis.* **27,** 702–710 (1998).
5. Bergogne-Bérézin, E. *Int. J. Antimicrob. Agents* **16,** 521–526 (2000).
6. Bohnhoff, M., Drake, B. L. & Miller, C. P. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* **86,** 132–137 (1954).
7. Kofoid, E., Rappleye, C., Stojiljkovic, I. & Roth, J. *J. Bacteriol.* **181,** 5317–5329 (1999).
8. Garsin, D. A. *Nature Rev. Microbiol.* **8,** 290–295 (2010).
9. Thiennimitr, P. *et al. Proc. Natl Acad. Sci. USA* **108,** 17480–17485 (2011).
10. Ng, K. M. *et al. Nature* **502,** 96–99 (2013).
11. Songhet, P. *et al. PLoS ONE* **5,** e13804 (2010).
12. Lamichhane-Khadka, R., Benoit, S. L., Maier, S. E. & Maier, R. J. *Open Biol.* **3,** 130146 (2013).
13. *Tackling Drug-Resistant Infections Globally: Final Report and Recommendations* (Wellcome Trust/UK Gov., 2016).

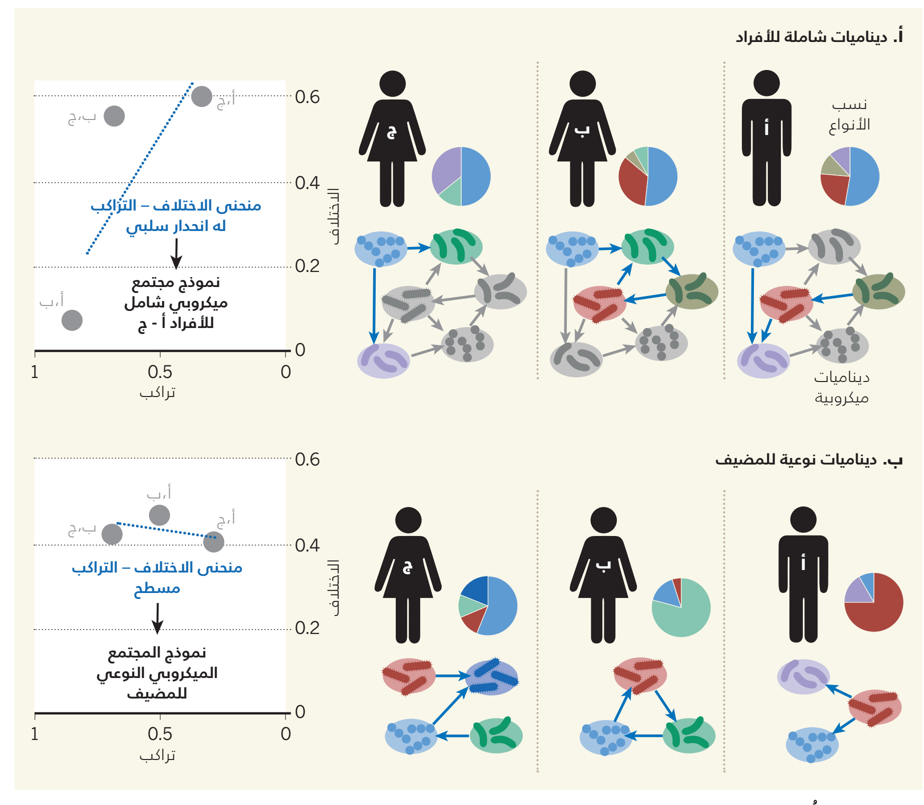
تفاعلات المضيف والميكروب

القواعد المتحكِّمة في مجهريات البقعة

هل تتبع ديناميّات المجتمعات الميكروبية قواعد مميزة، أم أنها تتبع القواعد نفسها مع الجميع؟ قد تفيد الرؤى الناشئة للإجابة على هذا التساؤل في حالتي الصحة والمرض.

كارولين فاوست، وجيروين رايس

قد يختلف تركيب المجتمع الميكروبي في جزء من الجسم بشكل كبير بين شخص وآخر[1-5]. ويرجع هذا إلى الضغوط الناتجة عن المضيف والسلوك الديناميكي للميكروبات في حدّ ذاتها. ويُعَدّ فَهْم ما إذا كانت هذه التفاعلات متسقة على اختلاف المضيفين، أو كانت مجهريات البقعة لكل فرد تتبع نظامها الخاص، أمرًا بالغ الأهمية، فإذا كانت ديناميات المجتمع الميكروبي لعضو ما واحدة عبر تاريخ البشر، فستتمكن من استخدامها للتنبؤ بالتدخلات الفعالة



الشكل 1 | التعلُّم من أوجه التشابه والاختلاف في ميكروباتنا. لاختبار ما إذا كانت المجتمعات الميكروبية ضمن جزء معين من الجسم تتمتع بالديناميكية نفسها الكامنة لدى مختلف الأفراد، استخدم باشان وزملاؤه[6] طريقة تُعرف باسم منحنى "الاختلاف–التراكب" (DOC). **أ**، فإذا كانت ديناميات المجتمع الميكروبي شاملة بين الأفراد (**أ – ج**)، فإن وجود الأنواع نفسها (الأنواع ممثلة بعُقَد ملونة؛ العُقَد الرمادية تمثل أنواعًا غائبة) يجب أيضًا أن يفضي إلى نِسَب متشابهة للأنواع، وانحدار سلبي لمنحنى الاختلاف–التراكب. وبالتالي، يمكن استخدام نموذج واحد لتوقُّع سلوك مجهريات البقعة. **ب**. إذا كانت ديناميات المجتمع نوعية للمضيف، فإن وجود الأنواع نفسها لا يؤدي إلى نسب متشابهة، وسيكون منحنى "الاختلاف–التراكب" مسطّحًا، وهو ما يستدعي تطوير نماذج شخصية.

لتعديل تكوين مجهريات البقعة. أمّا إذا كانت الديناميات الميكروبية تختلف حسب المضيف؛ فعندئذ يتعين تصميم التدخلات بشكل منفصل لكل شخص. يعالج باشان وزملاؤه[6] هذه المسألة باستخدام نهج جديد، ويضعون ملاحظاتهم المثيرة للفضول بهذا الشأن. ولكي نتمكن من معرفة ما إذا كانت ديناميات المجتمع الميكروبي واحدة عبر تاريخ البشر، سيتوجب علينا من الناحية المثالية دراسة عيِّنات كثيرة، وعبر فترات زمنية مختلفة، ومأخوذة من العديد من الأفراد الذين يحملون سمات وخلفيات مختلفة. بعدئذٍ، تَجِب مطابقة نماذج المجتمعات الميكروبية على النسب المتفاوتة من الأنواع الميكروبية، وهو ما قد يشكِّل تحديًا لدى دراسة الأنواع غير المهيمنة. وحاليًّا، لا تتوافر مثل تلك البيانات الضخمة.

ابتكر باشان وزملاؤه طريقة غير مباشِرة للإجابة على تشابه الديناميات الميكروبية عبر تاريخ البشر، من خلال قياس مظهرين مستقلين لتشابه المجموعات: أولهما، التراكب، وهو الذي يقارن تجمعات الأنواع، عن طريق قياس نسبة الأنواع المشتركة؛ وثانيهما، الاختلاف، وهو الذي يقيِّم ملامح الفَرْق في وفرة الأنواع المشتركة بين الأفراد. بعدئذٍ، قارن الباحثون الاختلاف مقابل التراكب بالنسبة إلى جميع أزواج العينات؛ بغرض رسم منحنى "الاختلاف – التراكب" DOC. وإذا كانت ديناميات مجهريات البقعة واحدة؛ غض النظر عن المضيف، وعندها يجب أن يؤدي وجود النوع نفسه إلى الحصة النسبية نفسها من تلك الأنواع، لأنها ستؤثر على بعضها البعض بالطريقة نفسها. وبالتالي، فإن نسبة أكبر من الأنواع المشتركة يجب أن تزيد من نقاط تشابه المجتمع، وتؤدي إلى الوصول إلى الانحدار السلبي لمنحنى "الاختلاف–التراكب" (الشكل 1).

واختبر الباحثون نهجهم البحثي، عن طريق محاكاة المجتمعات الميكروبية حسابيًّا باستخدام ما يُعرف باسم (نموذج لوتكا-فولتيرا المعمَّم)[7]؛ لاستحداث مجتمعات بالديناميات نفسها، وبديناميات مختلفة؛ لتمثيل الضوابط الإيجابية والسلبية. وأظهروا أن تحقيق عشوائية البيانات عن طريق خلط الأنواع الميكروبية في العينات يلغي المنحدر السلبي. وتؤكد هذه المحاكاة أن منحنى "الاختلاف–التراكب" يكشف عن وجود ديناميات متشابهة، ويتسطح في غياب ديناميات كهذه، كما يحدد المنحنى الأنواع المتفاعلة بقوة.

وكان الأمر اللافت للانتباه، هو كشف الفريق عن منحدرات سلبية للمجتمعات الميكروبية الفموية والهضمية في عديد من مجموعات بيانات الميكروبيوم البشري، ومن ضمنها مشروع الميكروبيوم البشري[3]، واثنتان من السلاسل الزمنية للمعي البشري[8,9]، ولكنْ أظهرت مجهريات البقعة في الجلد منحنيات اختلاف–تراكب سلبية بضعف، أو مسطحة في بعض الحالات، مما يشير إلى اختلاف الديناميات الميكروبية في الجلد، حسب المضيف في بعض المواقع.

وثمة استنتاج آخر مثير للاهتمام، هو أن منحنى الاختلاف - التراكب لمجهريات البقعة المعوية لدى الأفراد الذين تتكرر إصابتهم بالعامل المُمْرِض البكتيري[10] *Clostridium difficile* يبدو مسطحًا، ولكنه يكتسب انحدارًا سلبيًّا بعد زرع البراز من أفراد لم يتعرضوا للإصابة.

وإذا صَحّت هذه الافتراضات، فإن المنحدرات السلبية المتسقة للمجموعات السليمة وللأفراد الذين عُولجوا بعد الإصابة ببكتيريا *C.difficile* تشير إلى ديناميّات شاملة لميكروبات الأمعاء. وهذا خبرٌ سارٌ لجميع جهود النمذجة الهادفة إلى التنبؤ بسلوك مجهريات البقعة المعوية أثناء المرض، حيث إنه عند تحديد المعايير كمعدّلات النمو والتفاعلات الخاصة بالمجتمع الميكروبي المعوي لدى إنسان سليم، فستسري أيضًا على المعايير الخاصة بالأفراد الآخرين. وهكذا، يمكن جمْع معرفة هذه المعالم على مدى الدراسات المختلفة، ويمكنها ـ على المدى الطويل ـ السماح بتطوير نموذج مجتمع ميكروبي تفصيلي مشترك.

تمتلك طريقة منحنى "الاختلاف–التراكب" كافة السمات المميّزة لأداة تحليلية قوية، فهي طريقة سهل التطبيق، وتعالج مسألة مهمة، وقد تكون ملهِمة لوضع تطبيقات تتجاوز المقصود من استخدامها. ولكن، كغيرها من التحليلات، فإنها تضع بعض الافتراضات، منها أن مجهريات البقعة في حالة مستقرة، وأن وجود الحالة المستقرة نفسها يعني أنها تخضع للديناميات نفسها. والافتراض الثاني، وهو الأكثر خطورة: قد يصل المطاف بمجهريات البقعة إلى حالة مستقرة مماثلة، لا بسبب ديناميّتها الذاتية الداخلية، بل بسبب ضغط بيئي قوي يختار مجموعة معينة من الأنواع. ويستبعد المؤلفون المعالم الواضحة للمضيف، مثل النظام الغذائي، والوزن، والعمر، والسلالة، ووقت العبور في القناة الهضمية (الذي يقاس استنادًا إلى قوام البراز)، التي قد تؤثر على شكل المجتمعات الميكروبية للقناة الهضمية، ولكنها لا تمثل جميع العوامل التي ربما تؤثر على مجهريات البقعة المعوية[2]. وهكذا، لا يمكن تقديم إجابة قاطعة تمامًا فيما يتعلق بتشابه ديناميّات المجتمع الميكروبي في القناة الهضمية لدى مختلف المضيفين.

تكمن قيمة هذا العمل بشكل أساسي في أهمية السؤال المطروح، وأصالة النهج المتَّبَع، وحقيقة أنه يستطيع تحفيز مجموعة كاملة من أبحاث الميكروبيوم. إننا نتوقع أن يثير نقاشات مثمرة، وأن تتولد عنه أفكار جديدة للتحاليل والتجارب. فقد يكون من المنطق إعداد مجتمع مصطنَع تحت ظروف خاضعة للرقابة داخل ناظم كيميائي، ومن ثم تطوير وتحديد نموذج يصف ديناميّاتها بشكل جيد إلى حد معقول. ويمكن للمرء عندئذ المقارنة بين الحالات المستقرة التي وصلت إليها مجموعات فرعية مختلفة من المجتمع؛ بغرض اختبار الافتراض الثاني بشكل مباشر. وإذا تأكَّد تَشَابُه الديناميات لدى الأفراد المختلفين؛ فستجد جهود النمذجة فرصة أفضل لقيادة تدخلات إكلينيكية أكثر فاعلية. إن البحث الذي قدَّمه باشان وزملاؤه يعطي لمحة عن الرؤى الأعمق التي يمكن اكتسابها بمجرد التغلب على عقبات زراعة المجتمع الميكروبي الخاضع للمراقبة، عالي الإنتاجية، والتعامل معه. ■

كارولين فاوست، و**جيروين رايس** يعملان في قسم الأحياء المجهرية والمناعة بجامعة كاي يو لوفين، لوفين، وفي مركز بيولوجيا الأمراض، لوفين 3000، بلجيكا. وتعمل كارولين أيضًا في وحدة الأحياء المجهرية في كلية العلوم وعلوم الهندسة الوراثية، جامعة فريج، بروكسل.
البريد الإلكتروني: jeroen.raes@kuleuven.be

1. Arumugam, M. *et al. Nature* **473,** 174–180 (2011).
2. Falony, G. *et al. Science* **352,** 560–564 (2016).
3. The Human Microbiome Project Consortium. *Nature* **486,** 207–214 (2012).
4. Zhernakova, A. *et al. Science* **352,** 565–569 (2016).
5. Costello, E. K. *et al. Science* **326,** 1694–1697(2009).
6. Bashan, A. *et al. Nature* **534,** 259–262 (2016).
7. Stein, R. R. *et al. PLoS Comput. Biol.* **9,** e1003388 (2013).
8. Caporaso, J. G. *et al. Genome Biol.* **12,** R50 (2011).
9. David, L. A. *et al. Genome Biol.* **15,** R89 (2014).
10. Youngster, I. *et al. Clin. Infect. Dis.* **58,** 1515–1522 (2014).

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

ملخصات الأبحاث



غلاف عدد 9 يونيو 2016

طالع نصوص الأبحاث فى عدد 9 يونيو من دَوْرِيّة "*Nature*" الدولية.

علم الفيروسات

السلالة البرازيلية من فيروس "زيكا" خطرة

فيروس "زيكا" ZIKV هو فيروس مفصلي، ينتمي إلى جنس الفيروسات المصغرة (عائلة *Flaviviridae*)، وقد وُصِفَ للمرة الأولى في عام 1947 في أوغندا، بعد إجراء تحليل دم لقردة ريسوس حارسة. وحتى بداية القرن العشرين، لم تتسبب السلالات الأفريقية والآسيوية من الفيروس في عدوى ذات أهمية في البشر، إلا أنه في عام 2007، تَسَبَّب فيروس "زيكا" المنقول بواسطة بعوض *Aedes aegypti* في أول انتشار وبائي ملحوظ في جزيرة ياب في ميكرونيزيا. وعلى أثر ذلك؛ عانَى المصابون من الحمى، والطفح الجلدي، وآلام المفاصل، والتهاب ملتحمة العين. ومنذ عام 2013، حتى عام 2015، تسبَّبَت السلالة الآسيوية من الفيروس في المزيد من الانتشارات الوبائية الضخمة في كاليدونيا الجديدة وبولينيزيا الفرنسية. وفي البرازيل، وُجِدت روابط بين الفيروس، وظهور تشوهات جنينية، مِن ضِمْنها صغر الرأس الجنيني، وأمراض عصبية شديدة أخرى، مثل متلازمة جوليان باريه (Guillain-Barre). ورغم الأدلة الإكلينيكية، فليس ثمة أدلة اختبارية مباشرة تُظْهِر أن سلالة فيروس "زيكا" البرازيلية (ZIKVBR) تتسبب في عيوب خلقية. ويكشف الباحثون عن أن فيروس ZIKVBR يصيب الأجنة؛ مسبِّبًا تقييد النمو داخل الرحم ـ ومن ضمنه علامات صغر الرأس ـ في الفئران. وإضافةً إلى ذلك.. فالفيروس يصيب الخلايا القشرية السالفة البشرية في المختبر، مسبِّبًا زيادة في الموت الخلوي. كذلك سجلوا أن إصابة أشباه المخ البشري بالعدوى تتسبب في إنقاص المناطق التكاثرية، واضطراب الطبقات القشرية. وتشير هذه النتائج إلى أن فيروس ZIKVBR يَعْبُر المشيمة؛ ويسبب صغر الرأس الجنيني، عن طريق استهداف الخلايا القشرية السالفة، مُحْدِثًا الموت الخلوي فسيولوجيًّا، والالتهام الذاتي الخلوي، ومفسِدًا النمو العصبي. وتعزِّز بيانات الباحثين الأدلة المتزايدة التي تربط الانتشار الوبائي لفيروس ZIKVBR بالتزايد المقلِق في عدد حالات التشوه المخي الخلقي. ويمكن استخدام نموذج الباحثين لتحديد مدى كفاءة المقاربات العلاجية لمواجهة الآثار الضارة لفيروس ZIKVBR على النمو العصبي في الإنسان.

The Brazilian Zika virus strain causes birth defects in experimental models

F Cugola *et al*

doi: 10.1038/nature18296

تطور

التاريخ الوراثي للأوروبيين

وصل الإنسان الحديث إلى أوروبا قبل حوالي 45,000 سنة مضت، إلا أننا ما نزال نجهل الكثير عن تركيبته الوراثية قبل بدء اكتشاف الزراعة منذ 8,500 سنة. يحلِّل الباحثون بيانات جينومية مقدَّمة من 51 شخصًا من سكان أوراسيا قبل 45,000–7,000 سنة مضت. خلال تلك الفترة تناقصت نسبة الحمض النووي في إنسان النياندرتال البدائي من 3-6% إلى حوالي 2%، وهو ما تماشى مع عملية الانتخاب الطبيعي، التي استبعدت وراثة صفات النياندرتال الوراثية في الإنسان الحديث. وبينما لا توجد أدلة على إسهام الإنسان الحديث الأقدم الذي سكن أوروبا في التركيب الوراثي للأوروبيين المعاصرين، فقد انحدر جميع الأفراد الذين عاشوا فيما بين 37,000-14,000 سنة مضت من مجموعة بشرية مؤسسة واحدة، تشكِّل جزءًا من أسلاف الأوروبيين المعاصرين. ويمثل فردٌ يعود تاريخ وجوده إلى حوالي 35,000 سنة في شمال غرب أوروبا فرعًا أوَّليًّا من هذه المجموعة المؤسسة التي نزحت حينها عبر منطقة واسعة، قبل أن تعود للظهور في جنوب غرب أوروبا في ذروة العصر الجليدي الأخير قبل 19,000 سنة مضت. وخلال الحِقبة الدافئة الكبرى بعد 14,000 سنة مضت، انتشر في أوروبا مُكَوِّن وراثي ذو صلة بسكان الشرق الأدنى المعاصرين. وتُوَثِّق هذه النتائج مدى تكرار تغيُّر وهجرة السكان في أوروبا ما قبل التاريخ.

The genetic history of Ice Age Europe

Q Fu *et al*

doi: 10.1038/nature17993

الشكل أسفله | موقع وعُمْر 51 إنسانًا قديمًا. يناظر كُلّ شريط فردًا، ويشير الرمز اللوني إلى العنقود المعرف جينيًّا للأفراد، ويتناسب الارتفاع طرديًّا مع العمر (تُظهر الشبكة البيانية في الخلفية إسقاطًا لخطوط الطول مقابل العمر). ولمساعدة القارئ في التصور، أضفنا ذبذبات إلى المواقع التي تحوي أكثر من فرد من أماكن قريبة، وقد رُسِمَ أربعة أفراد من سيبيريا في الطرف الشرقي الأقصى من الخريطة.

أحياء خلوية

الجهاز العصبي الذي يحفِّز إفراز الإنسولين

ترتبط كلّ من أمراض السِّمنة، ومقاومة الإنسولين، والمتلازمة الأيضية بالتغيّرات في الميكروبات المعوية؛ إلا أن الآليّة التي تؤدي بهذه التغيرات في الميكروبات المعوية إلى التسبُّب في الإصابة بهذه الأمراض غير معروفة. ويستعرض الباحثون هنا الكيفية التي تؤدي بها زيادة إنتاج الميكروبات المعوية في القوارض للأسيتات إلى تنشيط الجهاز العصبي نظير السمبثاوي، الذي بدوره يحفز زيادة إفراز الإنسولين المستثار بالجلوكوز، وزيادة إفراز الجريلين، وفرط الأكل، والسِّمنة، والمضاعفات الأخرى ذات الصلة. وتوضح هذه النتائج مجتمعةً طبيعة عملية زيادة إنتاج الأسيتات الناتجة عن تفاعل الميكروبات المعوية مع المغذيات، وما يترتب على ذلك من تنشيط للجهاز العصبي نظير السمبثاوي، وتقترح التعامل مع كليهما كأهداف علاجية محتملة للسِّمنة.

Acetate mediates a microbiome–brain–β-cell axis to promote metabolic syndrome

R Perry *et al*

doi: 10.1038/nature18309

فيزياء

خلايا وقود بيروفسْكايْتِيّة

تقوم خلايا الوقود بتحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية مباشرة بكفاءات مرتفعة ومزايا بيئية، وذلك عند المقارنة بالمحركات الحرارية التقليدية. وقد تكون الزِّرْكُونيا مستقرة الإِتْرِيَا *Yttria-stabilized zirconia* هي المادة ذات الإمكانية الأكبر للعمل كإلكتروليت بخلايا وقود الأكسيد الصلب "SOFCs"، نتيجة لاستقرارها بالقرب من رقم التحول الأيوني الوحدي. ورغم وجود مواد ذات توصيل أيوني فائق، فإنها ـ على الأغلب ـ محدودة بقدرتها على كَبْح التسرب الإلكتروني عند التعرض للبيئة المختزلة عند السطح البيني للوقود، حيث يختزل هذا التسرب الإلكتروني مَخرج الطاقة الخاص بخلية الوقود والإجهاد

الكيميائي والميكانيكي المصاحب، كما يؤدي إلى تمزق كارثي للأغشية الإلكتروليتية. ولهذا السبب.. ابتعد الباحثون عن تصميم الإلكتروليت التقليدي، الذي يعتمد على التعويض بالكاتيون؛ للحفاظ على التوصيل الأيوني، واستخدموا بيروفسكايت نيكيليت كإلكتروليت ذي توصيل أيوني وإلكتروني ابتدائي مرتفع. وقد نجح الباحثون في كبح التوصيل الإلكتروني عبر "تَحَوُّل مُت محكوم التزويد" controlled Mott transition filling المستحث بواسطة اندماج الهيدروجين التلقائي، وذلك لأن أكسيدات عديدة من مثل تلك الأكسيدات مرتبطة أيضًا بأنظمة الإلكترون. ويبرهن الباحثون على خلايا وقود الأكسيد الصلب المصنَّعة مجهريًّا، منخفضة الحرارة، ذات الكفاءة المرتفعة باستخدام مثل تلك النيكيليت كإلكتروليت بهندسة غشاء مستقل. ويُعَدّ التوصيل الكهربي الخاص بنيكيليت البيروفسكيت قابلًا للمقارنة بأفضل الإلكتروليتات الصلبة من حيث الكفاءة، وذلك في النطاق نفسه لدرجة الحرارة، مع طاقة تنشيط منخفضة للغاية. وتقدِّم النتائج تصميمًا تنظيميًّا لمواد مرتفعة الكفاءة، تُظْهِر بعض الخواص التي تنشأ من جَرّاء ارتباطات إلكترونية قوية.

Strongly correlated perovskite fuel cells

Y Zhou *et al*

doi: 10.1038/nature17653

كيمياء

محرِّك جزيئي صغير يُدار بوقود كيميائي

تُعَدّ المحركات الجزيئية واحدة من بين أكثر المجموعات الجزيئية الوظيفية تعقيدًا، التي تقع في قلب كل عملية حيوية تقريبًا. وقد تم تطوير عدد من هذه المحركات، بما في ذلك محركات العضلات الجزيئية والتخليقية، والمضخّات، ومساعدات السَّيْر، والناقلات الرحوية المستحَثّة ضوئيًّا، والمستحَثّة كهربيًّا. وتعمل المحركات البيولوجية الجزيئية بواسطة التدرج الكيميائي، أو التحلل المائي لأدينوسين الفوسفات الثلاثي، وهي الآلية التي لم تتوافر حتى الآن في أي محرك جزيئي صناعي، حيث لا توجد محركات جزيئية توليفية صغيرة تستطيع العمل بشكل مستقل باستخدام الطاقة الكيميائية (وهي المكونات التي تتحرك بشكل طبيعي، ما دام الوقود الكيميائي حاضرًا).

يصف الباحثون منظومة تتنقل بها حلقة جزيئية صغيرة (حلقة عيانية) حول مسار جزيئي حلقي، عندما تعمل بواسطة تفاعلات غير قابلة للانعكاس لوقود كيميائي، ككلوريد الـ9-لورينيلميثوكسيكاربونيل. والمفتاح لذلك التصميم هو أن معدل التفاعل لذلك الوقود مع مواقع تفاعلية على المسار الحلقي يكون أكثر سرعة عندما تكون الحلقة العيانية بعيدة عن المواقع التفاعلية على المسار. ويستمر دوران المحرك الجزيئي، طالما بقي الوقود غير متفاعل، وذلك تحت ظروف التفاعل، حيث يحدث كل من الارتباط والانشقاق الخاص بمجموعات ال9-فلورينيليميثوكسيكاربونيل عبر عمليات مختلفة، وفي ظل حدوث تفاعل الانشقاق عند معدل مستقل عن موقع الحلقة العيانية. ويتوقع الباحثون أن يتم تطبيق المحركات الجزيئية العاملة بالوقود الكيميائي والمستقلة ذاتيًّا كمحركات بالتقنية النانوية الجزيئية.

An autonomous chemically fuelled small-molecule Motor

M Wilson *et al*

doi: 10.1038/nature18013



غلاف عدد 16 يونيو 2016

طالع نصوص الأبحاث في عدد 16 يونيو من دَوْرِيّة "*Nature*" الدولية.

أحياء خلوية

التحكم في وظيفة الخلايا الجذعية

ليس معروفًا ما إذا كان تصنيع البروتين ومسارات الاستجابة الخلويّة للإجهاد يتم التفاعل فيما بينها؛ للتحكم في وظيفة الخلايا الجذعية، أم لا. ويكشف الباحثون عن أن خلايا الجلد الجذعية في الفئران تنتج بروتينات بصورة أقل من أسلافها المباشرة في النسيج الحي، حتى عند إجبارها على التكاثر. وقد كشفت تحليلات الباحثين عن أن تنشيط مسارات الاستجابة للإجهاد أدَّى إلى خفض وتيرة إنتاج البروتينات، وغَيَّر من برامج الترجمة الخلوية، وهما الأمران اللذان يحسِّنان كلًّا من وظائف الخلايا الجذعية، وتكوُّن الأورام. ويوضح الباحثون أن تثبيط عملية مَثْيَلَة ما بعد النسخ للسايتوسين-5 يعطِّل عمل الخلايا الناشئة للأورام. ومن المُفارقات الحيوية.. أن هذا التثبيط يجعل الخلايا الجذعية فائقة الحساسية للإجهاد المُسَمِّم للخلايا، كما يتوقف تجدُّد الورم بعد العلاج باستخدام 5-فلورويوراسيل، وبالتالي يلزم الخلايا الجذعية أن تُبْطِلَ مسارات تثبيط الترجمة؛ من أجل تجديد نسيج ما، أو ورم ما.

Stem cell function and stress response are controlled by protein synthesis

S Blanco *et al*

doi: 10.1038/nature18282

وراثة

مواجهة أمراض DNA للميتوكوندريا

تُوَرَّثُ طفرات الحمض النووي للميتوكوندريا (mtDNA) عن طريق الأمر، وترتبط بمجموعة كبيرة من الأمراض الموهِنة والمميتة. لهذا السبب.. تهدف تقنيات تكاثر متعددة إلى الفصل بين وراثة الحمض النووي للميتوكوندريا، والحمض النووي للنواة، وهو ما قد يُمَكّن النساء المتضرِّرات من إنجاب طفل أقل عرضةً بكثير للإصابة بأمراض الحمض النووي للميتوكوندريا. يسجّل الباحثون في هذه الدراسة أولى الدراسات الإكلينيكية لاستزراع النُّوَيّات الأوَّلية (PNT). في البداية، لم تنجح الآليّات التي استخدمت بويضات ملقحة بصورة طبيعية في تجارب إثبات المبدأ النظري في حالة البويضات البشرية المخصَّبة بصورة غير طبيعية. ولهذا السبب.. طَوَّر الباحثون طريقة بديلة مبنية على استزراع النويات الأولية، بعد إتمام الانقسام الاختزالي بقليل، لا قبل الانقسام الاختزالي الأول بقليل. والأمل المرجو من هذه الطريقة أن تحسِّن من الوصول إلى مرحلة الحوصلة الأرومية، بدون آثار مرئية على اختلال الصيغة الصبغيّة، أو التعبير الجيني. وقد نتج عن هذه الدراسة انخفاض نسبة وراثة الحمض النووي للميتوكوندريا إلى أقل من 2% في غالبية 79% الحوصلات الأرومية في النويات الأولية. وتتجلى أهمية انخفاض نسبة وراثة الحمض النووي للميتوكوندريا إلى أقل حد ممكن في صورة تزايد التباين الجينومي في خط الخلايا الجذعية مع وجود نسبة 4% لوراثة الحمض النووي للميتوكوندريا. ويستنتج الباحثون أن طريقة الاستزراع تلك لها القدرة على التقليل من خطر وراثة أمراض الحمض النووي للميتوكوندريا، لكنها لا تضمن القضاء عليها تمامًا.

Towards clinical application of pronuclear transfer to prevent mitochondrial DNA disease

L Hyslop *et al*

doi: 10.1038/nature18303

فيزياء نظرية

متوسّط زمن المرور الأول لسائر عشوائي

يُعَرَّف زمن المرور الأول على أنه الزمن الذي يستغرقه سائر عشوائي؛ للوصول إلى نقطة مستهدَفة في نطاق محاصَر، ويمثل قياسًا رئيسًا في نظرية العمليات العشوائية. وتنبع أهميته من دوره المحوري في تحديد مقدار كفاءة العمليات المتباينة، مثل تباين التفاعلات المحدودة بالانتشار، أو عمليات البحث عن الهدف، أو انتشار الأمراض. ولطالما انحصرت غالبية طرق تحديد خصائص زمن المرور الأول في النطاقات المحصورة في العمليات الماركوفيّة (عديمة الذاكرة)، إلا أنه بمجرد تفاعل السائر العشوائي مع بيئته، لا يصير ممكنًا إهمال آثار الذاكرة، حيث إنّ الحركة المستقبلية للسائر العشوائي لا تعتمد فقط على موضعه الحالي، وإنما على مساره في الماضي أيضًا. ومن ضمن أمثلة الديناميكيات غير الماركوفية: الانتشار الأحادي في قنوات ضيقة، أو حركة الجزيء المُتَتَبَّع المرتبط بسلسلة مُبَلْمَرَة، أو المنتشر في سوائل بسيطة، أو مُرَكَّبة، مثل السوائل الخيطية، أو الغرويات الناعمة السميكة، أو المحاليل اللزجة. يطرح الباحثون مقاربةً تحليلية؛ لحساب متوسط زمن المرور الأول لسائر عشوائي "جاوسيّ" Gaussian غير ماركوفي نحو هدف ما، داخل حدود حجم كبير. وتتسبب الخصائص غير الماركوفية للديناميكيات في تحديد الخصائص الإحصائية للمسار المتصوَّر أن يتبعه السائر العشوائي بعد وقوع حدث المرور الأول، الذي يتضح أنه يحكم حركيات زمن المرور الأول. ويمكن تطبيق هذا التحليل على مجموعة كبيرة

من العمليات العشوائية التي قد تترابط بعد مدد طويلة. وقد تمت البرهنة على التوقعات النظرية للباحثين، من خلال المحاكاة العديدة لأمثلة عديدة للعمليات غير الماركوفية، ومن ضمنها حالة الحركة البراونية الكسرية في بُعْد واحد، أو أكثر. وتكشف هذه النتائج ـ بالاعتماد على أسس العمليات الجاوسية ـ عن أهمية آثار الذاكرة في إحصاءات المرور الأول للسائرات العشوائية غير الماركوفية المحصورة.

Mean first-passage times of non-Markovian random walkers in confinement

T Guérin *et al*

doi: 10.1038/nature18272

فلك

انشطار المُذَنَّبات ثنائية الفصّ

تتعرض نواة المُذَنَّب ـ باعتبارها الجزء المركزي الصلب في تكوينه ـ إلى عمليات تدميرية، وهو ما يتسبب في تصدُّع الأنوية بمعدل يبلغ حوالي 0.01 سنويًّا لكل مُذَنَّب. وتعود تلك الأحداث التدميرية إلى نطاق من التأثيرات الفيزيائية الحرارية؛ ومع ذلك.. فإن التعبيرات الجيوفيزيائية لتلك التأثيرات غير معروفة. وقد تم تصوير أكثر من ثلثي الأنوية المُذَنَّبية بشكل منفصل عند دقة بصرية مرتفعة، مُظْهِرةً أشكالًا ذات فصين، ومنها نواة المُذَنَّب تشوريوموف-جيراسيمنكو (67P)، الذي هبطت على سطحه مركبة "روزيتا" الفضائية. ويشير تحليل تَرَصُّد "روزيتا" إلى أن مكونات مُذَنَّب 67P قد اجتمعت معًا عند سرعة منخفضة، بعد أن تشكلت بصورة منفصلة. في هذه الورقة البحثية، قام الباحثون بدراسة بِنْيَة وديناميكية نواة مُذَنَّب 67P، وقد اكتشفوا أن عزم التسامي تَسَبَّب في جعل النواة تتحرك مغزليًّا إلى أعلى في الماضي. وقد نتج عن هذه الحركة تشكُّل تصدعات ضخمة على عنق المُذَنَّب. كما أعاق التطور الفوضوي لحركة المُذَنَّب المغزلية انقسامه، على الرغم من أنه ـ في النهاية ـ سيصل إلى معدل حركة مغزلية سريعة وكافية لتحقيق هذا الانقسام. وبمجرد أن يحدث الانقسام، ستصبح المكونات المنفصلة غير قادرة على الفرار من بعضها البعض؛ وستدور مداريًّا حول بعضها البعض لوقت محدد، لِتَمُرّ ـ في نهاية المطاف ـ باندماج منخفض السرعة، سَينتُج عنه تكوين جديد ذو فَصَّيْن. وتشير مكونات أربع أنوية أخرى مماثلة تمتلك أحجاما متسقة مع دورة إعادة تكوين مشابهة إلى مثل تلك الدورات، كعملية أساسية في تطور الأنوية المُذَنَّبية قصيرة الدورة. وقد تمَّت البرهنة على أن تلك المُذَنَّبات لم تكن مساهِمًا قويًّا فيما يُسمى بالقصف المكثف المتأخر، الذي حدث منذ حوالي 4 مليارات سنة. إنّ عملية إعادة التكوين المقترَحة هنا ستهلك الأنوية المُذَنَّبية أثناء النزوح إلى المنظومة الشمسية الداخلية، وهو ما قد يفسِّر عدم وجود تدفُّق كبير للمُذَنَّبات.

Fission and reconfiguration of bilobate comets as revealed by 67P/Churyumov–Gerasimenko

M Hirabayashi *et al*

doi: 10.1038/nature17670

الشكل أسفله | أطوار العطب النهائي لنواة مذنَّب 67P. قام الباحثون باستخدام تحليل العناصر المحددة FEM لحساب أطوار العطب النهائي بالمذنب. تبيِّن الألوان نسبة طور الإجهاد الحاضر إلى الإجهاد الكامل على المقطع العرضي. وتشير المناطق ذات نسبة الإجهاد التي تساوي واحدًا إلى العطب. **أ**، العطب من النوع الأول هو عطب سطحي مكثف. لذلك.. لا توجد مناطق معطوبة بالداخل. يبين المخطط دورة مغزلية تبلغ 12.4 ساعة، لها قوة تماسك تبلغ 1 باسكال. **ب**، يشمل العطب من النوع الثاني عطبًا مضغوطًا على الجانب A، لكنه مستقر بنيويًّا على الجانب B. **ج**، يشمل العطب من النوع الثالث عطبًا مضغوطًا على منطقة العنق، وتزيد القوة المركزية عن قوة الجاذبية في هذه الحالة. كما يصف هذا النوع فترة مغزلية تبلغ خمس ساعات وقوة تماسك تبلغ 250 باسكالًا. **د**، توجه الجسم العزوم القصوى والمتوسطة والدنيا لمحاور القصور مبينة بالأسهم الخضراء، والحمراء، والزرقاء، على التوالي.

علم الأرض

منطقة الدفع الهائل بحوض "نانْكاي"

أَوْقَعَتْ زلازلُ الدفع بين الصفيحي الهائل Interplate megathrust earthquakes أضرارًا كارثية على المجتمع البشري. ويُتوقع أن يحدث مثل هذا الزلزال في المستقبل القريب على طول منخفض نانكاي بالجنوب الغربي لليابان، وهي مساحة نشطة اقتصاديًّا، ومرتفعة الكثافة السكانية، تتعرض بالفعل لوقوع زلازل دفع هائلة. وتقع هذه الزلازل نتيجة لآليّة اندساس صفيحي عند مناطق الانزلاق القصوري (معروفة أيضًا بمناطق "الازدواج")، حيث تمنع قوى الاحتكاك الصفائح من الانزلاق عكس بعضها البعض، ومن ثم تتحرر الطاقة المتراكمة ـ في نهاية المطاف ـ بقوة. وقد حاولت دراسات عديدة الْتِقَاط توزيع معدَّلات القصور الانزلاقي (SDRs) للتنبؤ بوقوع الزلازل، لكنها لم تنجح في الحصول على منظور متكامل لمنطقة المصدر الزلزالي، لعدم وجود بيانات جيوديسية لقاع البحر. وقد قام قسم "الهيدروغرافيا، والمحيطوغرافيا" ـ التابع لحرس السواحل الياباني "JHOD" ـ بتطوير شبكة ترصُّد جيوديسي لأعماق البحار بشكل دقيق ومستدام لتلك المنطقة الاندساسية؛ من أجل الحصول على معلومات مرتبطة بمعدلات القصور الانزلاقي، بعيدًا عن الشاطئ. ويقدِّم الباحثون بيانات رَصْدِيَّة جيوديسية لقاع البحر، ونموذج توزيع لمعدل القصور الانزلاقي بين الصفيحي، بعيدًا عن الشاطئ، حيث تشير تلك البيانات إلى أن غالبية المناطق البعيدة عن الشاطئ في نطاق الانزلاق لها معدَّل قصور موجب. وستكون هذه البيانات ذات أهمية بالغة؛ من أجل كبح أي كارثة تسونامي مستقبلية، والتعامل مع مناطق معدَّل القصور الانزلاقي المنخفضة، التي تتسق مع توزيعات الزلازل البطيئة الضحلة، والجبال الاندساسية البحرية. ويُعَدّ هذا النشاط البحثي هو الأول من نوعه من حيث دراسة جميع العوامل المحتمَل ضلوعها في تلك الظواهر الجيولوجية. كما توفِّر نتائج الباحثين معلومات للاستدلال على سيناريوهات الزلازل الدَّفْعِيَّة الهائلة، وتفسِّر ما يحدث في منطقة الاندساس الخاصة بمنخفض نانكاي.

Seafloor geodetic constraints on interplate coupling of the Nankai Trough megathrust zone

Y Yokota *et al*

doi: 10.1038/nature17632



غلاف عدد 23 يونيو 2016

طالع نصوص الأبحاث في عدد 23 يونيو من دَوْرِيّة "*Nature*" الدولية.

جينوم

اكتشاف روابط الشظايا التساهمية

تُعَدّ الجزيئات الصغيرة أدوات فعالة لدراسة وظائف البروتينات، وقد تَنْتُج عنها علاجات جديدة، لكن غالبية البروتينات البشرية تفتقر إلى روابط صغيرة الجزيئات، بل إن فئات كاملة من البروتينات "لا تتأثر بالعقاقير". ويمكن أن يساعد اكتشاف روابط الشظايا على تحديد مجسّات صغيرة الجزيئات للبروتينات، ثبتت صعوبة استهدافها عن طريق الغربلة عالية الإنتاجية لمجموعات المركّبات المعقدة. ورغم شيوع البحث عن

الرابطات انعكاسية الربط، إلا أن الشظايا التساهمية تقدِّم مسارًا بديلًا إلى المجسات صغيرة الجزيئات، ومن ضمنها تلك التي تستطيع الوصول إلى مناطق من البروتين يصعب استهدافها من خلال أُلفة الربط وحدها. يسجِّل الباحثون تحليلًا كميًّا لشظايا صغيرة الجزيئات، متفاعلة مع السيستين، مغربَلة في مواجهة آلاف البروتينات في البروتيومات والخلايا البشرية. وقد تم تحديد الرابطات التساهمية لأكثر من 700 حمض أميني (سيستين) موجود في كل من البروتينات المتأثرة بالعقاقير، والبروتينات المفتقرة إلى المجسّات الكيميائية، ومن ضمنها عوامل النسخ، والبروتينات المُكَيِّفة، والقابلة للتوسع، والبروتينات غير المميزة. ومِن بين ما اكتُشف من تفاعلات الروابط-البروتينات الشاذة: مركّبات تتفاعل تفضيليًّا مع إنزيمات الكاسبيز البدائية (غير النشطة). وقد استخدم الباحثون هذه الروابط، لتمييز مسارات الموت الخلوي الخارجية في سلالات الخلايا البشرية عن نظيرتها في الخلايا التائية البشرية؛ بهدف إظهار أن المسارات الأولى يتوسطها كاسبيز-8 بشكل كبير، بينما تعتمد المسارات الثانية على كل من كاسبيز-8 و-10. يقدِّم اكتشاف رابطات الشظايا التساهمية منظورًا موسعًا أكثر للبروتيومات ذات الروابط، ويقدِّم مركّبات بإمكانها توضيح وظائف البروتينات في الأنظمة البيولوجية الأصلية.

Proteome-wide covalent ligand discovery in native biological systems

K Backus *et al*

doi: 10.1038/nature18002

فلك

الكشف عن أول مصدر لموجة جاذبية

تم رصد اندماج ثقبين أسودين هائلين (يبلغان حوالي 30 كتلة شمسية) في صورة موجات جاذبية، وهو ما يؤكد التنبؤات الأخيرة بأن الثقوب السوداء الثنائية ستكون مصدر الكشف عن الموجات. ولم تجمع الحسابات السابقة عيِّنات أسلاف ثقيلة سوداء ثنائية ذات صلة ـ النجوم الثنائية الهائلة منخفضة التمعدن ـ تمتلك دقة كافية، كما لم تشتمل على فيزياء واقعية بشكل كافٍ؛ للحصول على تنبؤات قوية. يستعرض الباحثون محاكاة رقمية عالية الدقة لتكوين ثقوب سوداء ثنائية عبر تطوُّر النجوم الثنائية المعزولة، وهو ما يوفر إطارًا يمكن من خلاله تفسير أول مصدر لموجة الجاذبية GW150914، والتنبؤ بخواص أحداث الموجة للثقب الأسود الثنائي التابع. وتَفترِض نماذج الباحثين ضمنًا أن تلك الأحداث تتشكل حيث يكون التمعدن أقل من 10% من التمعدن الشمسي، ويشمل ذلك نجومًا ذات كُتَل ابتدائية 40-100 كتلة شمسية، تتفاعل عبر انتقال كتلي، وطَوْر غازي مشترك. ربما تشكلت تلك النجوم السالفة إمّا منذ حوالي ملياري عام، أو ـ وذلك باحتمال أقل ـ منذ 11 مليار سنة، بعد وقوع الانفجار العظيم. وتتشكل غالبية الثقوب السوداء الثنائية دون الحاجة إلى انفجارات سوبرنوفا، ولا تتغير حركتها المغزلية تقريبًا منذ ميلادها، كما لا تحتاج إلى أن تكون متوازية. ويُنْتِج تكوين المجال التقليدي للثقوب السوداء الثنائية ـ كما افترض الباحثون، وذلك مع دَفْعَات منخفضة (سرعة الثقب الأسود عند الميلاد)، وتطوُّر مشترك محدود ـ حوالي 40 ضِعْف عدد اندماج الثقوب السوداء الثنائية، مقارنةً بما تنتجه قنوات التشكُّل الديناميّة، التي تشمل الحشود الكونية. ويمكن مقارنة معدل الكشف الخاص بالباحثين لذلك الاندماج بذلك الآتي من قنوات التطور المتجانسة. وتتنبأ حسابات الباحثين بكشوف لحوالي 1000 اندماج ثقبي أسود لكل عام بكُتَل كلية تبلغ 20-80 كتلة شمسية، حالما يصل ترصُّد موجة الجاذبية القائمة على الجيل الأرضي الثاني إلى حساسيتها الكاملة.

The first gravitational-wave source from the isolated evolution of two stars in the 40-100 solar mass range

K Belczynski *et al*

doi: 10.1038/nature18322

الزمن (مليون عام)			التسلسل الرئيس للعمر صفر			a (R)	e
0.0000	MS	96.2$M_\odot$		MS	60.2$M_\odot$	2,463	0.15
			فيض فص روتش				
3.5445	HG	92.2$M_\odot$		MS	59.9$M_\odot$	2,140	0.00
3.5448	HG or CHeB	42.3$M_\odot$		MS	84.9$M_\odot$	3,112	0.00
3.8354	He	39.0$M_\odot$		MS	84.7$M_\odot$	3,579	0.00
			انهيار مباشر				
3.8354	BH	35.1$M_\odot$		MS	84.7$M_\odot$	3,700	0.03
			غلاف غازي مشترك				
5.0445	BH	35.1$M_\odot$		CHeB	82.2$M_\odot$	3,780	0.03
5.0445	BH	36.5$M_\odot$		He star	36.8$M_\odot$	43.8	0.00
5.3483	BH	36.5$M_\odot$		He star	34.2$M_\odot$	45.3	0.00
			انهيار مباشر				
5.3483	BH	36.5$M_\odot$		BH	30.8$M_\odot$	47.8	0.05
			اندماج				
10,294						0	0.00

الشكل أسفله | نموذج لتطور ثنائي يؤدي إلى اندماج BH-BH مشابه لـ GW150914. تكوَّن نجم ثنائي هائل (96 $M_\odot$ (أزرق) + 60 $M_\odot$ (أرجواني)) في الماضي البعيد (بعد الانفجار العظيم بملياري عام؛ z ~ 3.2؛ الصف العلوي)، وبعد خمسة ملايين عام من التطور؛ تكونت منظومة BH-BH (37 $M_\odot$ + 31$M_\odot$؛ الصف الثاني-الأخير). تعرضت منظومة BH-BH تلك في الـ 10.3 مليار عام التالية إلى فقْد العزم الزاوي، مع تناقص الانفصال المداري بشكل منتظم، حتى تجمعت الثقوب السوداء عند حيود أحمر z = 0.09. تكوَّن هذا النموذج الثنائي في بيئة منخفضة التمعدن ($Z = 0.03Z_\odot$).MS نجم التسلسل الرئيس؛ HG، نجم فجوة هيرتز سبرنج؛ CHeB، نجم لب الهيليوم المحترق؛ BH، ثقب أسود؛ a، المحور شبه الرئيسي المداري؛ e، الاختلاف المركزي.

فيزياء كمية

ديناميّات النظريات المعيارية

تُعَدّ النظريات المعيارية أساسية لفَهْمنا للتفاعلات بين المكونات العنصرية للمادة التي تتوسطها البوزونات المعيارية، وذلك على الرغم من أن حساب ديناميّات الزمن الحقيقي بالنظريات المعيارية يُعَدّ تحدِّيًا شهيرًا لطرق الحوسبة التقليدية. استحثَّ هذا مؤخرًا المجهود النظري، باستخدام فكرة فاينمان الخاصة بالمُحَاكِي الكَمِّي، وذلك لاستنباط مخططات؛ لمحاكاة مثل تلك النظريات على أجهزة ميكانيكية كَمِّيَّة مصمَّمَة، مع الصعوبة المتمثلة في الحاجة إلى تحقُّق عدم التغير المعياري، وقوانين الحفاظ المحلية المصاحِبة (قوانين جاوس). يَستعرِض الباحثون البرهنة التجريبية على محاكاة كمية رقمية لنظرية معيارية شبكية، وذلك بتحقيق إلكتروديناميات كَمِّيَّة ذات أبعاد من النوع (1+1) ـ نموذج شفينجر ـ على حاسوب كَمِّي لقليل من البِتّات الكمية الأيونية المحصورة. اهتم الباحثون بتطور آلية شفينجر في وقتها الفعلي، التي تَصِف انعدام الاستقرار الخاص بالفراغ الأعزل، الناتج عن الاضطرابات الكمية، الذي يتجلَّى بالتخلق التلقائي لأزواج الإلكترون-البوزيترون. وقام الباحثون برسم خريطة للمسألة الأصلية لنموذج غزلي بحذف المجالات المعيارية لصالح التفاعلات الشاذة طويلة المدى، التي يمكن أن تنفذ بطريقة مباشرة وفعالة على فخ أيوني مصمم، وذلك من أجل استخدام أفضل للمصادر الكَمِّيَّة. وقام الباحثون باستكشاف آلية شفينجر الخاصة بتوليد جسيم-مضاد جسيم بواسطة رصد للإنتاج الكتلي، وسعة الثبات الفراغي. وإضافة إلى ذلك.. قمنا بتتبُّع التطور حقيقي الزمن، الخاص بتشابك المنظومة، الذي يوضح كيفية الارتباط المباشر بين التخلق الجسيمي، والتوليد التشابكي. ويمثل هذا العمل البحثي خطوة أولى في اتجاه محاكاة كمية لنظريات الطاقة العالية باستخدام تجارب الفيزياء الذرية، وهو الهدف الذي يصبو إلى تطبيق النهج نفسه، ليشمل المحاكاة الكمية الخاصة بالنظريات المعيارية

الشبكة "غير الأَبِيلِيّة" وقت وقوعها الفعلي.

Real-time dynamics of lattice gauge theories with a few-qubit quantum computer

E Martinez *et al*

doi: 10.1038/nature18318

علم المواد

التجزئة بالسَّحْب البارد للبوليمر

السَّحْب البارد للبوليمر هو عملية يُقَلِّل فيها إجهادُ الشَّدّ قُطْر ليف مسحوب ـ أو سُمْك غشاء مسحوب ـ ويوجِّه السلاسل المبلمرة. وقد استُخدم السَّحْب البارد لزمن طويل في استخدامات صناعية، منها إنتاج ألياف مرنة ذات مقاوَمة شَدّ عالية، مثل البوليستر، والنايلون، إلا أنّ السَّحْب البارد لبِنْيَة مركَّبة لم يخضع للدراسة. ويكشف الباحثون عن أنّ السَّحْب البارد لألياف متعدد الخامات، مؤلَّفَة من لُبّ هَشّ مطمور في كسوة من البوليمر يتسبب في ظاهرة مفاجِئة، هي: التجزئة الموجَّهة والمتسلسلة للُبّ؛ لإنتاج عِصِيّ موحَّدة الحجم على طول أمتار من الألياف، عوضًا عن التجزئة العشوائية، أو العشوائية القابلة للتكهن. تنشأ هذه البِنَى المطمورة من عدم الاستقرار الميكانيكي الهندسي المصاحِب للتمدُّد "العنقي"، وبالتالي تجزأ الخيوط المطمورة المنظَّمة ذات الهندسة العرضية المعقدة إلى سلسلة دورية من العِصِيّ المثبَّتة مكانها داخل الكسوة المبلمرة. ويمكن استخراج هذه العِصِيّ بسهولة، عن طريق التذويب الانتقائيّ للكسوة، أو بإمكانها الالتئام ذاتيًّا بالاسترجاع الحراري؛ لتعيد تشكيل الخيط الهَشّ. كذلك يمكن تطبيق نهج الباحثين على المركَّبات المهندَسة عموديًّا، التي معها يؤدي السَّحْب البارد إلى تَكَسُّر الغشاء الهش المطمور أو المغلَّف إلى شرائح رفيعة متوازية، محاذية بطبيعتها لمحور السَّحْب. وقد وُجِدَ أن مجموعة من الخامات تؤسِّس لحدوث هذا التأثير عمومًا، منها السيليكون، والجرمانيوم، والذهب، والمواد الزجاجية، والحرير، والبوليسترين، والبوليمرات القابلة للتحلل الحيوي، والثلج. وقد لاحظ الباحثون وأكّدوا ـ من خلال محاكاة عنصر محدود غير خطيّة ـ على وجود علاقة خطية بين أصغر مقياس عرضي، وفترة التكسُّر الطولي. قد تؤدي هذه النتائج إلى تطوير التمويه الديناميكيّ القابل للانعكاس حراريًّا، من خلال التأثير المضلَّع Venetian-blind effect على مقياس نانوي، وتصنيع أسطح منظمة كبيرة المساحة، تسهِّل الكشف الحيوي عالي الحساسية.

Controlled fragmentation of multimaterial fibres and films via polymer cold-drawing

S Shabahang *et al*

doi: 10.1038/nature17980

فيزياء

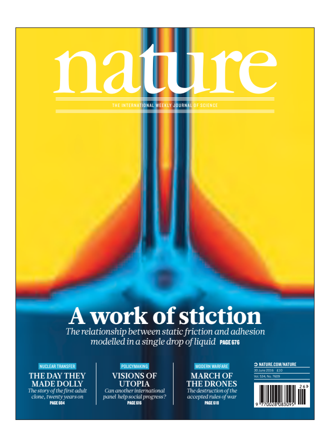
تَوَافُق الطَّوْر الصلب المتعدي للحَدّ الذَّرِّي

يمكن لاستثارة الليزر القوية أن تقوم بإنتاج سلوك إلكتروني وبصري غير خَطّي. ويشمل ذلك توليد توسُّع مرتفع التوافق إلى المناطق فوق البنفسجية الفراغية، وفوق البنفسجية الحَدِّيَّة الخاصة بالطيف الكهرومغناطيسي. وقد اتضح أن حدوث التوليد مرتفع التوافق يختلف بين المواد الصلبة والغازات الذرية المخففة، وهو ما يزال مثار جدل حتى الآن. وقارَن الباحثون التوليدَ مرتفع التوافق بالأطوار الصلبة والغازية الخاصة بين الأرجون، والكريبتون. ونظرًا إلى ضعف تفاعل فان دير فالز، فإن الغازات (النادرة) النبيلة في حالتها الصلبة تُعَدّ وَسَطًا شبه مثالي لدراسة دور الكثافة المرتفعة والدورية بعملية التوليد. واكتشف الباحثون أن أطياف التوليد مرتفع التوافق من الغازات النادرة في حالتها الصلبة تُظْهِر أطوارًا مستقرة متعددة، تتعدى الحَدّ الذري لتوافق الطور الغازي المصاحب، الذي تم قياسه تحت ظروف مشابهة. وتشير أطوار الاستقرار المتعددة إلى وجود ازدواج بين جِزْمِيّ قوي ينطوي على جِرْم جسيمية مفردة متعددة. كما قام الباحثون بدراسة اعتماد الناتج التوافقي الصلب والغازي على الإهليلجية الليزرية، واكتشفوا أنها متشابهة، مما يشير إلى أهمية إعادة تصادم الإلكترون-الفجوة بتلك المواد الصلبة. وتشير هذه النتائج إلى إمكانية تحقيق طرق الطَّوْر الغازي، مثل المرور الانتقائي الاستقطابي لتوليد نبضة الأتوثانية، والتصوير الشعاعي الطبقي المداري في المواد الصلبة.

Solid-state harmonics beyond the atomic limit

G Ndabashimiye *et al*

doi: 10.1038/nature17660



غلاف عدد 30 يونيو 2016

طالع نصوص الأبحاث في عدد 30 يونيو من دَوْرِيّة "*Nature*" الدولية.

بحث علمي

انخفاض مستمر لتمويل الأبحاث

يُعتبر مجال الأبحاث متعددة التخصصات بيئة خصبة للابتكار، والمقاربةَ المعقولة الوحيدة إلى مشكلات مركَّبة، مثل التغيرات المناخية، لكن هناك معوقات تقف في طريق إجراء هذه الأبحاث، ويُعتبر أوّلها: الاعتقاد واسع الانتشار بضعف احتمال تمويل المشروعات البحثية متعددة التخصصات في مقابل المشروعات التي يوجِّهها تخصص واحد، إلا أن هذا الاعتقاد الشائع ظَلَّ صعب التقييم موضوعيًّا، والسبب جزئيًّا هو الافتقار إلى مقياس كَمِّي قابل للمقارنة لدرجة تعدد التخصصات التي يمكن تقديمها مع بيانات التقدم لطلب التمويل. لذا.. قارن الباحثون درجة ربط المشروعات البحثية للمجالات المتباينة ببعضها البعض، وذلك باستخدام مقياس للتنوع البيولوجي يقيس التمثيل النسبي للمجالات المختلفة (التوازن)، ودرجة اختلافها (التباين). ويمثل برنامج "ديسكفري" ـ التابع للمجلس البحثي الأسترالي ـ حالة اختبار مثالية، حيث تغطي خطةُ مِنَح تنافسيّة سنوية واحدة على مستوى الدولة تكاليفَ البحث الأساسية في كل التخصصات، ومنها الفنون والدراسات الإنسانية والعلوم. استخدم الباحثون بيانات مستقاة من المقترحات البحثية التي قُدمت إلى خطة التمويل على مدى 5 سنوات متتابعة، وبلغ عددها 18,476 مقترحًا، شاملة الطلبات المقبولة، والطلبات غير المقبولة؛ لتكشف عن أنه كلما تعاظمت درجة التعددية؛ تناقَص احتمال الحصول على تمويل. والأثر السلبي لتعدد التخصصات واضح، حتى مع حسبان عدد المتعاونين في البحث، والمجال الأوّلي للبحث، ونوع المؤسسة القائمة به. ويُعتبر هذا هو أول تقييم كَمِّي أُجري على نطاق واسع لمعدلات نجاح المشروعات البحثية متعددة التخصصات. يتيح مقياسُ مسافة تعدد التخصصات التقييمَ الفعال لاتجاهات تمويل الأبحاث، وبالإمكان استخدامه لتحديد المشروعات البحثية التي تتطلب استراتيجيات تقييم ملائمة للبحث متعدد التخصصات.

Interdisciplinary research has consistently lower funding success

L Bromham *et al*

doi: 10.1038/nature18315

علم النبات

البناء الضوئي في الغابات

تُعادِل الأنظمة البيئية الأرضية حاليًّا رُبع حجم انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتج عن النشاط البشري؛ بسبب اختلال طفيف في التوازن بين البناء الضوئي الأرضي العالمي، والتنفس. وبالتالي، فإنّ فَهْم ما يتحكم في هذين التدفقين البيولوجيين أمر جوهري في عملية التنبؤ بالتغيرات المناخية، إلا أنه ليست هناك طريقة للقياس المباشر للبناء الضوئي أو التنفس النهاري لنظام بيئي كامل مكوّن من كائنات حية متفاعلة مع بعضها؛ وبدلًا من ذلك.. يُسْتَدَلّ على هذين التدفقين عمومًا من قياسات صافي التبادل بين النظام البيئي، وثاني أكسيد الكربون الجوي "NEE" بطريقة مبنية على استجابات النظام البيئي المفترَضة للبيئة. والرؤية المترتبة على ذلك للغابات المعتدلة المتساقطة ـ وهي خزان مهم لثاني أكسيد الكربون ـ هي: أولًا، أن تنفس النظام البيئي أكبر خلال النهار منه خلال الليل، وثانيًا، أن كفاءة استخدام النظام البيئي للضوء في البناء الضوئي ترتفع بعد نمو الأوراق في الربيع ثم تتراجع، ربما بسبب شيخوخة الأوراق، أو إجهاد الماء. وقد تم الاعتماد على هذه الرؤية في تطوير نماذج المحيط الحيوي الأرضي المستخدَمة في توقعات المناخ، وتطور مؤشرات الاستشعار عن بُعد لإنتاجية المحيط الحيوي العالمي.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

وقد استخدم الباحثون أجهزة نظائرية جديدة؛ للتعرف على البناء الضوئي والتنفس النهاري للنظام البيئي في غابةٍ معتدلة متساقطة على مدى ثلاث سنوات؛ ووجدوا أن تنفس النظام البيئي أقل في النهار عنه في الليل، وهو أول دليل واضح على تثبيط تنفس الأوراق بفعل الضوء على مستوى النظام البيئي، ولأن المقارَبات المعتادة لا تلتقط هذا التأثير، فهي تبالغ في تقدير البناء الضوئي والتنفس النهاري للنظام البيئي في النصف الأول من موسم النمو في موقع الدراسة، وتصف بشكلٍ غير دقيق كفاءة استخدام النظامُ البيئي للضوء في البناء الضوئي. تصحِّح هذه النتائج من فَهْمنا لتبادل الكربون بين الغابات والغلاف الجوي، وتقدِّم لنا أساسًا للبحث في شكل الديناميكيات الفسيولوجية في الأوراق على مستوى الأغطية النباتية للأشجار في الأنظمة البيئية الأخرى.

Seasonality of temperate forest photosynthesis and daytime respiration

R Wehr *et al*

doi: 10.1038/nature17966

وراثة

صورة الكروماتين في أجِنّة الثدييات

تُعَدّ إعادة تنظيم الكروماتين الموسعة في الثدييات أمرًا أساسيًّا في إعادة برمجة الأمشاج النهائية إلى خلايا غير متخصصة أثناء مرحلة تطور ما قبل الانغراس، إلا أن الصورة العامة للكروماتين وآليّاته المُعَبَّر عنها أثناء تلك المرحلة ما زالت غير مُستكشَفة. ويرسم الباحثون خريطةً للكروماتين على مستوى الجينوم في أجنة ما قبل الانغراس في الفئران، باستخدام تحليل مُحَسَّن للكروماتين ذي إنزيم الترانسبوزيز القابل للوصول إليه بمقارنة التسلسل عالي الإنتاجية (ATAC-seq)، المدعومة باستنفاد الحمض النووي للميتوكوندريا المستنِد إلى تقنية كريسبر/كاس9. ويكشف الباحثون عن أنه رغم عدم التناسق الأبوي الموسع في مجموعات الميثيل في الحمض النووي، إلا أن قابلية الوصول إلى الكروماتين بين الجينومات الأبوية يمكن مقارنتها عالميًّا بعد التنشيط الكبير لجينومات البويضات الملقحة "ZGA". يتشكل الكروماتين القابل للوصول إليه في الأجنة المبكرة بشكلٍ كبير بواسطة الجينات القافزة، ويتداخل بشكل موسع مع التسلسلات التنظيمية المقرونة.

ويُعتبر العثور على كروماتين قرب مواقع نهاية النسخ في الجينات النشطة بمثابة حدث جديد من نوعه. ومن خلال دمج خرائط العناصر التنظيمية المقرونة بترانسكريبتومات الخلية المنفردة، شَيَّد الباحثون الشبكة التنظيمية للتطور المبكر، التي تساعد على تحديد المُعَدِّلات الأساسية في تحديد السلالة. وأخيرًا، لاحظ الباحثون انخفاض نشاطات العناصر التنظيمية المقرونة والكروماتين المفتوح المصاحب لها قبل العملية الكبيرة لتنشيط جينوم البويضات الملقحة. وكان أمرًا مفاجئًا أنْ لاحظ الباحثون مواضع عديدة تُظهِر نطاقات كروماتين مفتوحة كبيرة غير متعارَف عليها على كلّ الوحدات المنسوخة في العملية الصغيرة لتنشيط جينوم البويضات الملقحة، وهو ما يدعم وجود حالة كروماتين مترفقة غير تقليدية. وهذه البيانات مجتمعة تكشف عن تشكيل كروماتين زماني مكاني يصاحب التطور المبكر في الثدييات.

The landscape of accessible chromatin in mammalian preimplantation embryos

J Wu *et al*

doi: 10.1038/nature18606

علم المناخ

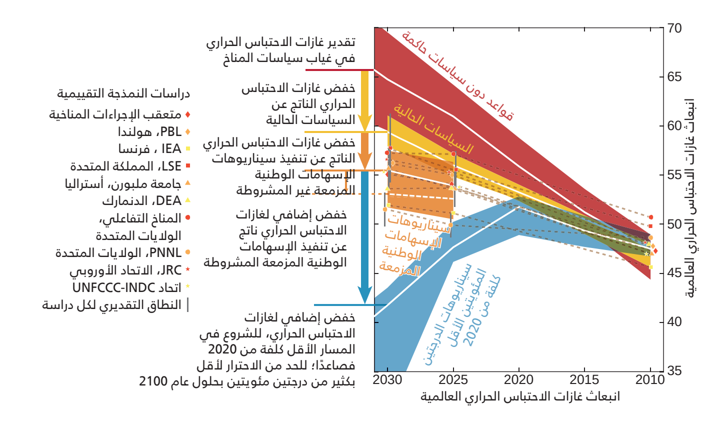
مِن أجل جَعْل الاحترار أقل من درجتين

تهدف اتفاقية باريس للمناخ إلى تثبيت الاحترار العالمي عند ما دون درجتين مئويتين، وإلى "مواصلة الجهود" لجعل حَدِّه 1.5 درجة مئوية. فقد قدَّمت الدول إسهامات وطنية "INDCs" تحدِّد إجراءات المناخ لما بعد عام 2020 لإنجاز ذلك. ويقيِّم الباحثون تأثير الإسهامات الحالية على اختزال انبعاثات غاز الاحتباس الحراري الكلية، وآثارها على تحقيق درجة الحرارة المستهدَفة لاتفاقية باريس للمناخ، والخيارات المحتمَلة للتحصيل الزائد. تقوم الإسهامات المقصودة والمقرَّرة على الصعيد الدولي بشكل جماعي بخفض انبعاثات غاز الاحتباس الحراري، مقارنةً بموقف السياسات الحالية، ولكنها لا تزال تنطوي على احترار متوسط يبلغ 2.6-3.1 درجة مئوية بحلول عام 2100. ومن الممكن إنجاز المزيد.. لأن الاتفاقية تنص على تعزيز أهداف اختزال انبعاثات غاز الاحتباس الحراري مع الوقت، سواء من حيث الطموح، أم النطاق. والتحسين الجوهري للإسهامات الوطنية المزمعة الحالية ـ من خلال إجراءات إضافية دولية، أو محلية، أو غير حكومية ـ شيء مطلوب للحفاظ على احتمال مقبول لتحقيق هدف إبقاء الاحترار لما دون درجتين مئويتين.

Paris Agreement climate proposals need a boost to keep warming well below 2 °C

J Rogelj *et al*

doi: 10.1038/nature18307



الشكل أسفله | انبعاث غازات الاحتباس الحراري العالمية، حسبما تشير إليه مخططات الإسهامات الوطنية المزمعة، مقارنة بوجود قواعد دون سياسات حاكمة، وفي ظل السياسات الحالية، وسيناريوهات الدرجتين المئويتين. تبين الخطوط البيضاء متوسط كل نطاق. يبين الخط الأبيض المتقطع التقدير المتوسط لما ستحققه "الإسهامات الوطنية المزمعة" INDCs، إذا ما تم استيفاء جميع الشروط. تم عرض النطاقات المئوية العشرينية والثمانينية لسيناريوهات غياب السياسات الحاكمة، وسيناريوهات الدرجتين المئويتين. بالنسبة إلى سيناريوهات السياسات الحالية، والإسهامات الوطنية المزمعة، ذُكر الحد الأدنى، والحد الأقصى، ونطاق النسب المئوية العشرية والتسعينية عبر كل الدراسات المقررة على التوالي. تمثل الرموز دراسات أحادية، وقد تمت إزاحتها قليلًا؛ لزيادة سهولة القراءة. تربط الخطوط البنية المتقطعة بين نقاط البيانات لكل دراسة.

فيزياء

قوة الالتصاق بسائل على جسم صلب

يستفيد البرص عندما يتحرك على السقف من قوى الالتصاق والاحتكاك. وتُلاحَظ ظاهرة الاحتكاك ـ الاحتكاك السكوني ـ على النطاقات العينية والمجهرية، وترتبط بالالتصاق والاحتكاك الانزلاقي. كما أن مفاهيم الالتصاق مهمة للعمليات الانتقالية، حيث إن الاحتكاك والاحتكاك الانزلاقي غالبًا ما ترتبط أهميتهما فقط بالجوانب التجريبية. وسوف يساعد الاستيعاب المفصَّل لتلك المفاهيم ـ على سبيل المثال ـ على تحسين تصميم الأجهزة التي يتزايد صغرها يومًا بعد يوم، كالمفاتيح الميكانيكية المجهرية والنانوية. يبين الباحثون كيفية الربط بين الاحتكاك والالتصاق الخاصين بقطرة سائل على طبقة أحادية من نيتريد البورون السداسي فوق الروديوم، وذلك بقياس زوايا الاتصال الديناميكي بطَوْرين متمايزين خاصَّين بحدّ الصلب-السائل الفاصل، وهو طَوْر مموّج في غياب طَوْر الإقحام الهيدروجيني، والطَوْر السطحي المستحَثّ بالإقحام. ويمكن التبديل بين الاحتكاك والالتصاق بشكل قابل للانعكاس بتطبيق جهود كيميائية كهربية مختلفة على العينة، مما ينتج عنه إقحام الهيدروجين الذَّرّيّ أو عدم إقحامه. ونعزو التغير بالالتصاق إلى تغير في المجال الكهربي الجانبي الخاص بحلقتين ثنائيّتي القطب، نانويّتين، سطحيّتين، وذلك لأنه لا يمكن تفسيره بواسطة التغير بالخشونة السطحية المعروفة من خلال نموذج "وينْزل". وعلى الرغم من إمكانية حساب التغير بالالتصاق الخاص بالمنظومة الخاضعة للدراسة، لا يمكن ـ حتى

الآن ـ تحديد الاحتكاك عند مثل هذا الحد الصلب-السائل الفاصل منذ البداية باستخدام طرق كيميائية كَمِّيّة. ويُعتبر الهجين غير العضوي من نيتريد البورون سداسي الأوجه والرودبوم مستقرًّا للغاية، ويمثل فئة جديدة من الأسطح القابلة للتبديل مع إمكانية التطبيق بدراسة الالتصاق، والاحتكاك، والتشحيم.

Switching stiction and adhesion of a liquid on a solid

S M ertens *et al*

doi: 10.1038/nature18275

علم المناخ

الرياح الآسيوية عبر 640.000 سنة مضت

تميِّز سجلات نظير الأكسجين من كهوف الصين التغيرات بكل من الرياح الموسمية الآسيوية، والمناخ العالمي. في هذه الورقة البحثية، وباستخدام البيانات الجديدة الخاصة بالإسبيليوثيم speleothem، يقوم الباحثون بتعزيز السجل الصيني؛ لتغطية نطاق تقدير العمر الشامل لليورانيوم/الثوريوم، الذي يبلغ 640,000 عام. ويسمح امتداد السجل ودِقَّته الزمنية للباحثين باختبار فكرة أن تغيرات الإشعاع الشمسي الناجمة عن الاستباق الأرضي تؤدي إلى إنهاء كل عصر جليدي من العصور الجليدية السبعة الأخيرة، وكذلك الفترة الألفية الخاصة بهطْل الأمطار الموسمية المصاحبة لكل نهاية. وتفصل بين كل نهاية أربع أو خمس دورات استباقية، حسب ما تشير إليه سجلات الباحثين، مما يدعم فكرة أن دورة العصر الجليدي البالغ عمرها 100,000 عام هي متوسط من الأعداد المتمايزة لدورات الاستباق. وإضافة إلى ذلك.. فإن المكوِّن شبه المداري لمتغير هطْل الأمطار الموسمية يُظْهِر قدرة بكل من الحِزَم الاستباقية والانحرافية، وهي تقريبًا بطَوْر معاكس مع الإشعاع الشمسي الصيفي الشمالي. ويشير ذلك الترصد إلى أن الإشعاع الشمسي يحدد وتيرة حدوث الأحداث ألفية النطاق جزئيًّا، ويشمل تلك المصاحِبة للنهايات المكتملة، وغير المكتملة.

The Asian monsoon over the past 640,000 years and ice age terminations

H Cheng *et al*

doi: 10.1038/nature18591

غلاف عدد 7 يوليو 2016

طالع نصوص الأبحاث في عدد 7 يوليو من دَوْرِيّة "*Nature*" الدولية.

علم الأعصاب

آلية تحديد الاتجاه في شبكيّات الثدييات

يتحكم تغصُّن الخلايا النجمية المتشعبة الطوليّة عديمة الألياف "SAC" في الاتجاهات التي تُترجم عن شبكيات الثدييات، وذلك عن طريق الإشارات التي تطلقها. ولا تزال الإسهامات النسبية للخصائص الخلويّة الداخلية، والاتصال بين الشبكات العصبية في إكساب الخلايا النجمية صفة تحديد الاتجاه غير واضحة. لذا.. دَرَس الباحثون الدوائر العصبية للخلايا النجمية في الفئران، كما وصفوا خاصِّيَّتين لم تكونا معروفتين من قبل لتوزيع التشابك العصبي على طول تغصُّن الخلايا النجمية، وهما: انفصال تشابك المدخلات عن تشابك المخرجات، حيث تكون المدخلات محدودةً بالتغصُّن الداني؛ إضافة إلى اختلاف توزيع المدخلات التثبيطيّة عن ذلك المُلاحَظ في شبكيّات الأرانب. وتشير الدراسة إلى أن الاختلافات العصبية في اتصال الخلايا النجمية في شبكيّات الفئران والأرانب هي المتسبِّبة في الإسهامات المتميزة للتثبيط المشبكيّ في ضبط السرعة والتباين، وفي بِنْيَة المجال المُسْتَقْبِل. وبشكل خاص، تشير النتائج إلى أن الاتصال بين الخلايا النجمية في الفئران يتيح لها تشفير السرعات الطولية الأقل، التي تفسِّر القطر الأصغر للعين، بما يحقق ضبط السرعة الزاويّة. تتأكّد هذه الافتراضات بواسطة تصوير الكالسيوم في تغصُّن الخلايا النجمية التي تستجيب للمثيرات الاتجاهيّة في الفئران.

Species-specific wiring for direction selectivity in the mammalian retina

H Ding *et al*

doi: 10.1038/nature18609

علم البيئة

الأنشطة البشرية العشوائية بالغابات

رَكَّزت جهود سياسية مشتركة في الفترة الأخيرة على ضرورة تقليل قطع الأشجار في الغابات. وما زال هذا الأمر حجر أساس لأغلب استراتيجيات حفظ التنوع البيولوجي، إلا أن صيانة غطاء الغابات لا تقلل اضطرابات الغابات، الناشئة عن نشاطات بشرية عشوائية، وهو ما تندر مراعاته في برامج الحفظ. وتحدث هذه الاضطرابات داخل الغابات، حيث القَطْع الانتقائي للأشجار، ووقوع الحرائق. وحتى الآن، ما زالت الآثار المجتمعة للاضطراب الناشئ عن النشاطات البشرية غير معروفة على قيمة حفظ الغابات الأولية المتبقية، مما يجعل من المستحيل تقييم الأهمية النسبية لاضطراب الغابات وفقدانها. ويتغلب الباحثون على هذه الفجوات المعرفية في دراستهم عن طريق استخدام مجموعة كبيرة من البيانات للنباتات والطيور وخنافس الرَّوْث (1,538، و460، و156 نوعًا بالترتيب)، مأخوذة من 36 مستجمَعًا للمياه في ولاية بارا البرازيلية. لقد فقدت المستجمَعات التي تحفظ أكثر من 69-80% من غطاء الغابات قيمةَ الحفظ، بسبب فقدان الغابات. فعلى سبيل المثال.. تَسَبَّب فقدان 20% من الغابات البكر ـ وهو الحد الأقصى المسموح لقطع أشجار الغابات على أراضي الأمازون، بموجب قانون البرازيل للغابات ـ في فقدان 39-54% من قيمة الحفظ: أي 96-171% أكثر من المتوقع، بدون حساب آثار الاضطراب. واستنتج الباحثون مقدار نقص قيمة الحفظ الناتج عن الاضطراب في ولاية بارا بكاملها، التي تغطِّي 25% من الأمازون البرازيلية. ورغم أن الغابات المضطربة حافظت على قيمة حفظٍ كبيرة، مقارنةً بالغابات مقطوعة الأشجار، إلا أن ضريبة الاضطراب الحادث خارج المناطق شديدة الحماية في بارا تساوي فقدان 92,000-139,000 كيلومتر من الغابات البكر، وحتى أقل التقديرات أكبر من المساحة مقطوعة الأشجار في كلّ غابات الأمازون البرازيلية فيما بين عامي 2006، و2015. وتُظْهِر نماذج توزيع الأنواع أن كلًّا من الاضطرابات على مستوى المنظر الأرضي الطبيعي وداخل الغابات تسهم في فقدان التنوع البيولوجي، مع وقوع أشد الآثار السلبية على الأنواع عالية قيمة الحفظ والقيمة الوظيفية. وتوضح هذه النتائج الحاجة العاجلة إلى تدخلات على مستوى السياسات، تتجاوز مجرد صيانة غطاء الغابات إلى حماية التنوع الفائق في الأنظمة البيئية في الغابات الاستوائية.

Anthropogenic disturbance in tropical forests can double biodiversity loss from deforestation

J. Barlow *et al*

doi: 10.1038/nature18326

جيولوجيا

الاندساس يتحكم في الصفائح التكتونية

تصف نظرية التكتونيات الصفائحية تَصَدُّع سطح الأرض إلى سبع صفائح منشارية ضخمة منتظمة بأحجام متشابهة، وإلى عدد من الصفائح الأصغر، تتبع مساحاتها توزيعًا هندسيًّا متكرر النمط. وتشير إعادة بناء التكتونيات العالمية خلال المئتي مليون عام الماضية إلى أن هذا التخطيط يُعَدّ سمة طويلة الأمد للأرض على الأرجح، ولكن القوى المسيطرة عليها تظل مجهولة. ولم تستطع الدراسات السابقة ـ المعتمدة بصورة أساسية على الخواص الإحصائية لتوزيعات الصفيحة ـ تفسير حجم الصفائح من خلال صفات طبقة الليثوسفير، وانتقال الحِمْل الحراري التحتي من خلال الوشاح الصخرية. ويبرهن الباحثون على أن تخطيط الصفيحة الأرضية نتج عن ردّ فعل دينامي من تيارات الحمل الحراري بالوشاح الصخري، وقوة طبقة الليثوسفير الصخرية، كما تقود الهندسة الانغماسية التَّقَتُّت التكتوني، وهو المسؤول عن توليد الصفائح، وذلك باستخدام نماذج كروية ثلاثية الأبعاد ذات رد فعل للتوصيل عن طريق تيارات الحمل الحراري بالوشاح الصخري، الذي يقوم بإنتاج وتوزيع حجم-تردد الصفيحة بشكل متسق ذاتيًّا، وهو ما تم ملاحظته تجاه الأرض. ويسيطر التباعد بين الألواح على ترتيب الصفائح الضخمة، ويقوم الإجهاد الناتج عن طي الخنادق بسحق الصفائح إلى شظايا صغيرة جدًّا.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

تفسر نتائج الباحثين سبب التطور السريع في صفائح القوس الخلفية الصغيرة، وهو ما يعكس التغيرات الملحوظة في حركة الصفيحة خلال أزمنة إعادة التنظيم الرئيسة. وتمهد نتائج الباحثين الطريق لاستخدام محاكاة التوصيل، من خلال تيارات الحمل الحراري مع السلوك شبه الصفائحي؛ لفهم كيفية الربط ديناميًّا بين التكتونيات العالمية، والتوصيل من خلال تيارات الحمل الحراري بالوشاح الصخري.

Subduction controls the distribution and fragmentation of Earth's tectonic plates

C Mallard *et al*

doi: 10.1038/nature17992

فلك

الوسط الساكن بين الحشود المَجَرِّيَّة

تُعَدّ الحشود المَجَرِّيَّة هي الأجسام المترابطة ـ تجاذبًا ـ الأكثر ضخامة في الكون، التي ما زالت قيد التكوين. ولهذا السبب.. فهي تُعتبر انعكاسات مهمة للاستدلال على المعايير الكونية، والعديد من العمليات المتعلقة بالفيزياء الفلكية. ومع ذلك.. فنحن نعاني من معرفة منقوصة بديناميات الغاز الساخن واسع الانتشار، الذي تتجاوز كتلته ـ بكثير ـ كل كتل النجوم في الحشد مجتمِعَةً. وقد تُمَكِّن مثل هذه المعرفة من إلقاء نظرة ثاقبة على حَقْن الطاقة الميكانيكية من خلال الثقب الأسود المركزي فائق الضخامة، واستخدام الاتزان الهيدروستاتيكي لتحديد كتل الحشد. تنبعث الأشعة السينية من لب حشد كوكبة الجبار *Perseus* بواسطة انتشار البلازما الساخنة التي تبلغ درجة حرارتها 50 مليون كلفن، لتملأ بئر الجهد التجاذبي الخاص بها. تضخ النواة المَجَرِّيَّة النشطة الخاصة بالمَجَرَّة المركزية NGC 1275 طاقة تدفقية إلى الوسط بين الحشدي المحيط؛ لتكوِّن فقاعات طفوية مملوءة بالبلازما النسبية. ومن المحتمل أن تستحث تلك الفقاعات حركات في الوسط بين الحشدي، وتقوم بتسخين الغاز الداخلي، وتمنع التبريد الإشعاعي سريع التقلب، وهي عملية تُعرف بردّ فعل النواة المجرية النشطة. يستعرض الباحثون مجموعة ترصُّد لأشعة سينية للب حشد كوكبة الجبار، يكشف عن غلاف ساكن على نحو ملحوظ، حيث يوجد تشتت سرعة للغاز على خط الرؤية، يبلغ 164 ± 10 كيلومترًا لكل ثانية في المنطقة 30-60 كيلوفرسخًا نجميًّا من النواة المركزية. لقد تم اكتشاف تدرُّج لسرعة خط الرؤية، يبلغ 150 ± 70 كيلومترًا لكل ثانية عبر صورة الستين فرسخًا نجميًّا لِلُبّ الحشد. ويبلغ دعم الضغط المضطرب بالغاز أربعة في المئة من الضغط الديناميكي الحراري، مع قص ضخم النطاق يضاعف هذا التقدير. يستنتج الباحثون أن كتلة حشدية كلية ـ تم تحديدها من الاتزان الهيدروستاتيكي بمنطقة مركزية ـ قد تتطلب تصحيحًا بسيطًا بالنسبة إلى الضغط المضطرب.

The quiescent intracluster medium in the core of the Perseus cluster

The Hitomi collaboration

doi: 10.1038/nature18627

علم الفيروسات

تفاعل التوريميفين مع الجليكوبروتين

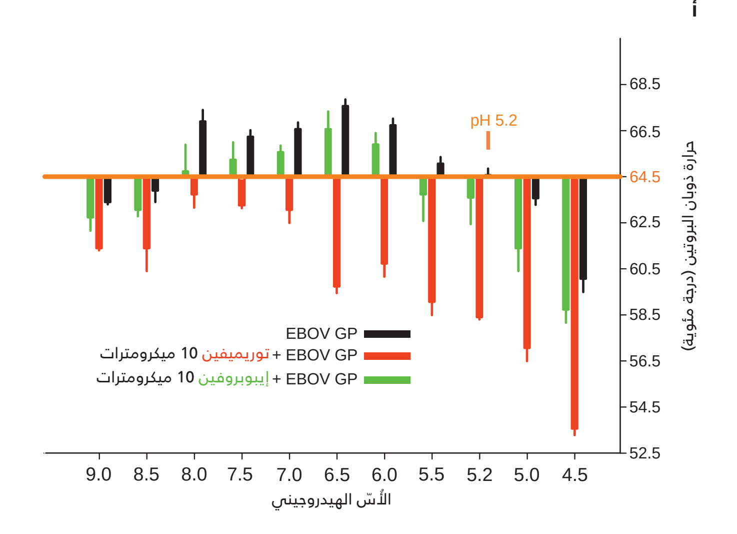
تتسبَّب فيروسات الإيبولا (EBOVs) في حدوث أوبئة متعددة، ومن بينها الوباء المميت الذي انتشر مؤخرًا في غرب أفريقيا، والذي لا تتوافر له حاليًّا أدوية، أو لقاحات علاجيّة. يملك فيروس الإيبولا غشاء تزيّنه وحدات ثلاثية من جزيئات الجليكوبروتين (GP الذي يقسمه إنزيم الفيورين إلى الوحدتين الفرعيتين GP1، وGP2)، وهو المسؤول الوحيد عن التعلق بخلايا العائل، والدخول الإندوسومي، والتحام الأغشية. وبالتالي، فإن وحدة الجليكوبروتين تُعَدّ هدفًا أساسيًّا لتطوير الأدوية المضادة للفيروسات. ويسجل الباحثون أول بِنْيَة غير ذات رابطة ـ على حد علمنا ـ من فيروس الإيبولا والجليكوبروتين، ومركّبات عالية الدقة من الجيلكوبروتين مع الـ"توريميفين" ـ الدواء المضاد للسرطان ، والـ"إيبوبروفين" مسكّن الألم. تمنح البِنْيَة الخاملة عالية الدقة صورة أكثر اكتمالاً ودقة عن الجزيء، وتسمح بإحداث تغييرات تقوم بها الأجسام المضادة والمُسْتَقْبِلات التي تربطها، انتظارًا لفك تشفيرها. وعلى غير المتوقَّع، رُبِطَ كلٌّ من التوريميفين والإيبوبروفين في تجويف بين الوحدتين الفرعيتين للتعلق (GP1) وللالتحام (GP2) عند مدخل قناة كبيرة ترتبط مع قنوات مماثلة من المونومرات الأخرى لثلاثي الوحدة على المحور ثلاثي الأضعاف. ولُوحِظ أنّ تفاعلات البروتين والدواء في حالتي GP1، وGP2 تفاعلات طاردة للماء غالبًا. وتوجد الرواسب المبطنة لموقع الربط بصورة واسعة في الفيروسات الخيطيّة، عدا فيروس ماربورج (MARV)، ما يلمِّح إلى احتمال عدم ارتباط بهذه الأدوية. وقد أظهر اختبار الانتقال الحراري نقصًا حتى 14 درجة مئوية في درجة حرارة انصهار البروتين، بعد ربط التوريميفين، بينما كان للإيبوبروفين أثر حدّي فقط، وكان مثبِّطًا أقل قوة. وتشير هذه النتائج إلى أن ربط المثبط يزعزع GP، ويستثير الإطلاق المبكر لـGP2، مانعًا بذلك الالتحام بين الغشاءين الفيروسي والإندوسومي. وبالتالي، تكشف هذه البِنَى المعقدة عن آلية التثبيط، وربما تقود تطوير المزيد من الأدوية المضادة لفيروس الإيبولا.

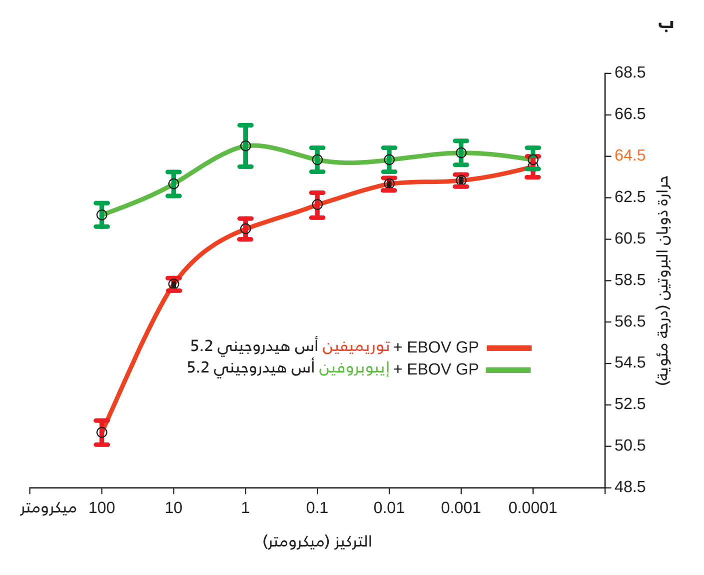
Toremifene interacts with and destabilizes the Ebola virus glycoprotein

Y Z hao *et al*

doi: 10.1038/nature18615

الشكل أسفله | ملخص تجارب الانتقال الحراري. أ: آثار التوريميفين والإيبوبروفين على درجة حرارة انصهار EBOV GP عند درجات مختلفة من الأس الهيدروجيني. درجة حرارة انصهار البروتين عند أس هيدروجيني 5.2، التي تكونت عندها البلورات، تؤخذ كنقطة مرجعية. **ب:** درجات حرارة انصهار EBOV GP عند تركيزات مختلفة من التوريميفين والإيبوبروفين، عند أس هيدروجيني 5.2. البيانات هي المتوسطات ± الانحرافات المعيارية (عدد = 3).

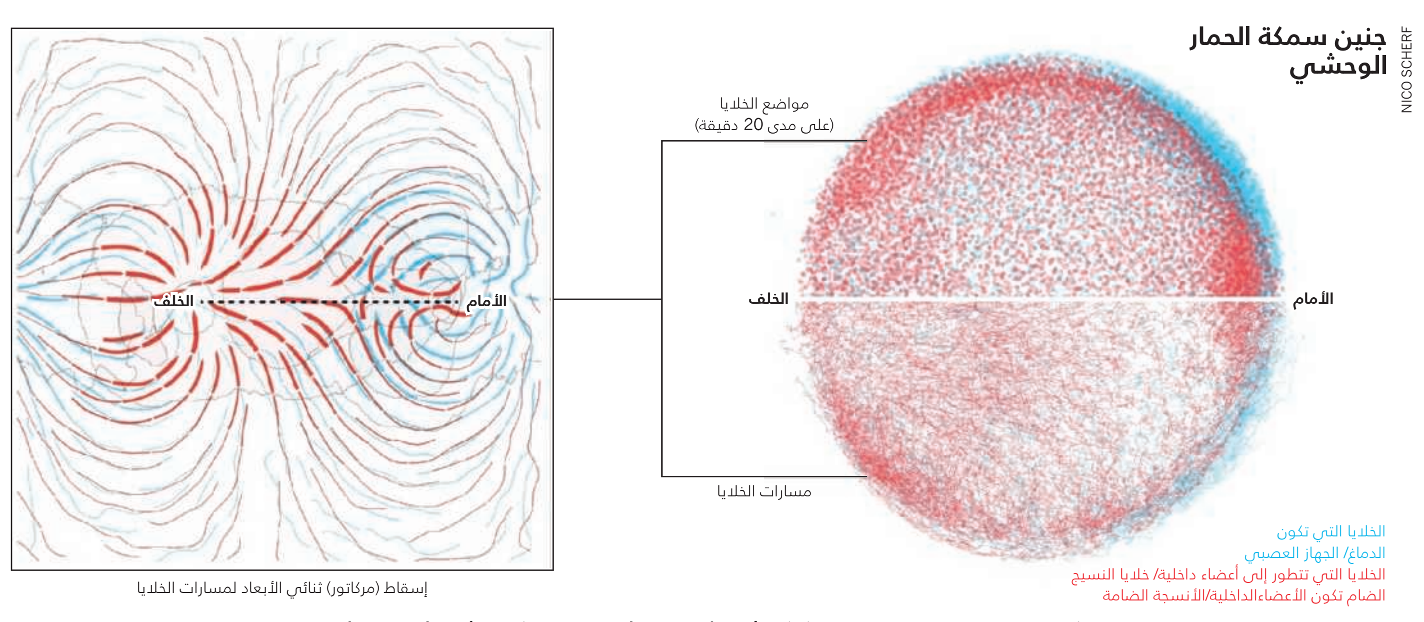




صندوق الأدوات

المؤثرات البصرية تَعِد بتَحَوُّل في عِلْم الأحياء

نماذج مبتكرة من رسوم الجرافيك والنماذج المجردة تساعد الباحثين على استيعاب كَمّ هائل من البيانات.



"تدفق" الخلايا في جنين سمكة الحمار الوحشي، كما يبدو من خلال بيانات مجهرية ثلاثية الأبعاد (إلى اليمين) وفي إسقاط ثنائي الأبعاد (إلى اليسار).

إيوين كالاواي

يمكن لطُرُق العرض الذكية أن تُحْدِث تحوُّلًا في فَهْم علماء الأحياء لبياناتهم. وبعد أن أصبح من الممكن اليوم تحديد تسلسل كل جزيء من جزيئات الحمض النووي الريبوزي "RNA" في إحدى الخلايا، أو ملء قرص صلب بصور مجهرية في يوم واحد، يسعى علماء الحياة سعيًا حثيثًا وراء طرق عرض مرئية مبتكرة؛ لفهم واستيعاب الكميات الضخمة من البيانات الخام التي يجمعونها.

وقد شهد مؤتمرٌ عُقد في شهر مارس الماضي بمختبر علم الأحياء الجزيئي الأوروبي في هايدلبرج بألمانيا تقديمَ بعض أساليب العرض المرئي للبيانات التي تثير اهتمام علماء البيولوجيا في الوقت الراهن. اشترك في تنظيم المؤتمر ـ الذي أقيم تحت اسم "تصوير البيانات البيولوجية" ـ شون أودونهيو، العالِم المتخصص في نُظُم المعلومات الحيوية في معهد جارفان للأبحاث الطبية في سيدني بأستراليا. ويجتذب هذا المؤتمر ـ الذي يقام للعام السابع على التوالي ـ مزيجًا مختارًا من باحثي المختبرات، وعلماء الحاسبات، والمصممين.

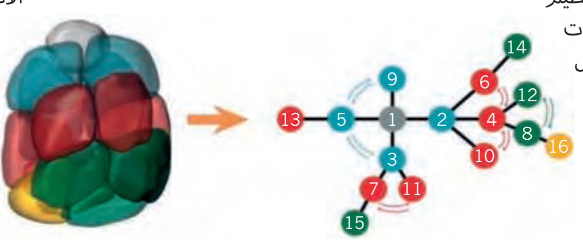
وفي هذا المقال، تسلِّط دورية *Nature* الضوءَ على بعض اختيارات أودونهيو لأساليب العرض المرئي، التي من المتوقَّع أن تُحْدِث تحوُّلًا في علم الأحياء.

انسيابية الخلايا

يراقب نيكو شيرف ـ العالِم المتخصص في بيولوجيا الخلية ـ الخلايا وهي تحوِّل مساراتها؛ لتشكيل طبقات جرثومية مختلفة، ثم تكوين الأعضاء أثناء تطوُّر أجنّة سمكة الحمار الوحشي؛ باستخدام تقنيات "مجهر الصفحة الضوئية" التي قام بتطويرها فريقه البحثي في "معهد ماكس بلانك لبيولوجيا الخلية الجزيئية وعلم الوراثة" في دريسدن بألمانيا، ولكنه يقول إنه عند تتبُّع مسار كل خلية من خلايا جنين سمكة الحمار الوحشي، "فإنك تحصل في نهاية المطاف على مجموعة معقدة ومتراكمة" من المسارات. وللتوصل إلى بعض النتائج من هذه المجموعات المعقدة، اقترض شيرف بعض مناهج ديناميكا السوائل المستخدَمة لتحليل تيارات الغلاف الجوي والمحيطات. يقول: "كل ما عليك هو تحديد خطوط التدفق الرئيسية، التي تمنحك المسارات الرئيسية للحركة الخلوية". ولتحقيق ذلك.. ابتكر شيرف برنامجًا لتحليل الصور، وعَرَض مشاركته مع الآخرين، بناءً على طلبهم. وقد كشف هذا الأسلوب حتى الآن عن أنّ الطفرة الجينية التي تسبِّب تطورات غير طبيعية في الأعضاء تُغَيِّر من حركة الخلايا فقط في مرحلة مبكرة جدًّا من نمو سمكة الحمار الوحشي. ويرى شيرف أن هؤلاء الذين يدرسون تطوُّر الكائنات الحية الأخرى يمكنهم الاستفادة أيضًا من الانخراط في تدفق الأشياء.

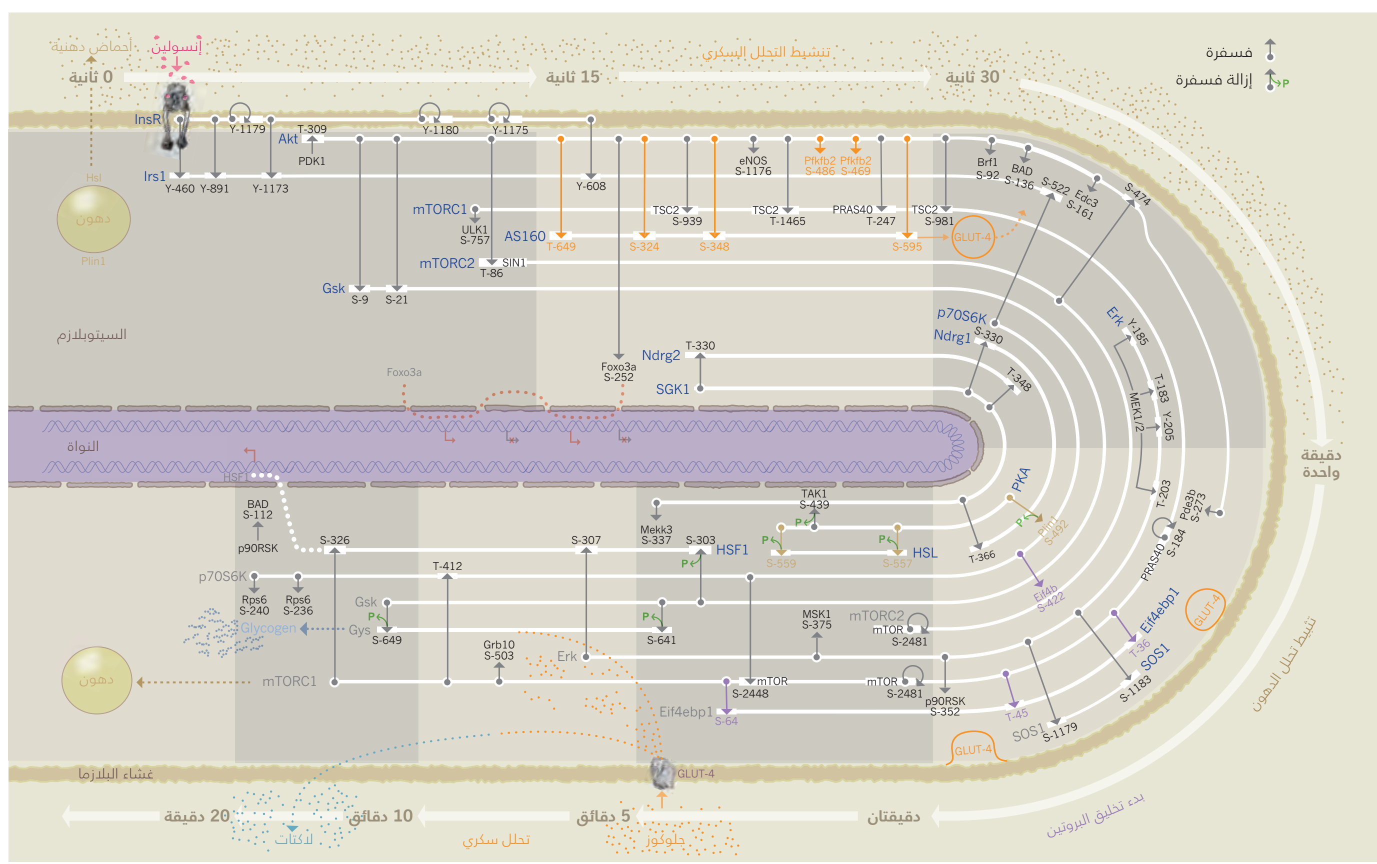
روابط مجرَّدة

استوحت ياسمين عمران الصوص ـ عالمة البيولوجيا التطورية بجامعة برنستون في ولاية نيوجيرسي ـ إلهامها من الفنان العالمي بيكاسو، عندما حاولت فَهْم الصور المجهرية لغرفة البيض الخاصة بذبابة الفاكهة، وهي بمثابة مجموعة عنقودية من الخلايا على شكل توريد، تتكون عندما تمر خلية تناسلية عبر أربعة انقسامات غير كاملة، ◄



"تدفق" الخلايا في جنين سمكة الحمار الوحشي، كما يبدو من خلال بيانات مجهرية ثلاثية الأبعاد (إلى اليسار) وفي إسقاط ثنائي الأبعاد (إلى اليمين).

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



مخطط "ميناردو" يصوِّر تسلسل عملية فسفرة البروتين بعد معالجة الخلية بالإنسولين.

DAVID K. G. MA, CHRISTIAN STOLTE, JAMES R. KRYGER, DAVID E. JAMES & SEÁN I. O'DONOGHUE

وغير متماثلة. والنتيجة النهائية هي شبكة من 16 خلية مترابطة، تشكِّل كلًّا من الجنين الناشئ، والخلايا المحيطة به، التي تقوم بتغذيته.

كان المشرف على الصوص قد أرسل إليها مقالًا عن رسوم حجرية لبيكاسو؛ تصوِّر تجسيدات مجردة لثور؛ ففكرت ياسمين في إمكانية تطبيق المبدأ نفسه على صور غرفة البيض.

لقد حَوَّلت صور المجهر الفلورسنت الخاصة بغرفة البيض إلى سلسلة من الأرقام التي تمثل ـ بشكل واضح ـ كيف تتصل كل خلية بالخلايا الأخرى. وباستخدام هذا التجريد، وجدت أن بعض التكوينات الممكنة لغرفة البيض ـ التي يصل عددها إلى 72 ـ أكثر شيوعًا بكثير من غيرها. وتعكف الصوص حاليًّا على اختبار ما إذا كانت التكوينات المختلفة تؤثر على نمو أجنة ذبابة الفاكهة وتطورها، أم لا.

نموذج أفضل للخلية

يقول أودونهيو إن محاولته الأولى لتصوير كيفية استجابة خلايا الدهون للإنسولين انتهت بمجموعة معقدة ومتراكمة من المسارات الجزيئية المتشابكة. وقام زميل له بقياس كيف تتم فسفرة مئات الأنواع المختلفة من البروتينات في الخلية، مما يؤدي إلى تفعيلها، استجابةً للإنسولين على مدار ساعة، حيث تتوقف الخلية عن حرق الدهون؛ لإنتاج الطاقة، وتبدأ في جلب السكريات، وتخزين الدهون.

وللتعامل مع هذه المجموعة المعقدة من المسارات، استوحى أودونهيو إلهامه من مخطَّط شهير، ابتكره المهندس المدني الفرنسي تشارلز جوزيف مينارد، الذي عاش في القرن التاسع عشر. يصوِّر ذلك المخطَّط غزو نابليون الكارثي لروسيا، وجَمْع ستة أنواع من البيانات ـ بما في ذلك عدد القوات، وجغرافيا المكان ـ في مخطط ثنائي الأبعاد. ويصوِّر مخطط أودونهيو ـ الذي أسماه "ميناردو" ـ الخلية معالَجة بالإنسولين على هيئة ساعة، مع نوبات فسفرة متتابِعة تتحرك في اتجاه عقارب الساعة حول الخلية، كما يُصَوِّر المخطَّط أيضًا موضع أحد البروتينات في الخلية، وعلاقته بغيره من العناصر الجزيئية.

يقول أودونهيو إن إحدى الأفكار الرئيسة التي أسفر عنها هذا الأسلوب في العرض المرئي هي مدى سرعة استجابة الخلية للإنسولين، حيث تحدث تغيرات عديدة في الخمس عشرة ثانية الأولى، ويتابع "صُدم الكثيرون في المجتمع العلمي من تلك الاستجابة المفاجئة". ويتطلع أودونهيو إلى أن يقوم آخرون باستخدام هذا النهج في تصوير الأحداث الديناميكية الأخرى، مثل دورة الخلية، وقد قام بإنشاء دليل على الإنترنت يشرح كيفية القيام بذلك، ولكن في الوقت الراهن، حسب قوله: "يحتاج الأمر إلى كثير من التعديلات اليدوية".

من الداخل إلى الخارج

اعتاد الرسام جراهام جونسون تصوير الحياة الداخلية للخلايا بالرسوم اليدوية. وقد حظي جونسون ـ الذي يعمل حاليًّا مديرًا لمشروع الخلية المتحركة بمعهد ألين لعلوم الخلية في سياتل بواشنطن ـ بفرصة في هذا المضمار، من خلال عمل الرسوم التوضيحية لكتاب دراسي عن بيولوجيا الخلية. ويقول جونسون: "رغم الجهد المضني لتوخِّي الدقة، كان من السهل دائمًا الوقوع في أخطاء"، لا سيما عند تمثيل الحجم النسبي لمكونات الخلية. ويضيف: "عند وضع تصوُّر مرئي، فإنك تضع الصورة الذهنية التي ستكون لدى الكثير من علماء الأحياء في الحاضر والمستقبل". ومن ثم، فإن الدقة أمر في غاية الأهمية.

نموذج جزيئي ثلاثي الأبعاد، باستخدام أداة "سيلباك" لجسيم في فيروس نقص المناعة البشرية (HIV-1)

GRAHAM T. JOHNSON, LUDOVIC AUTIN, MOSTAFA AL-ALUSI, DAVID S. GOODSELL, MICHEL F. SANNER & ARTHUR J. OLSON

ومن أجل تطوير أسلوب أكثر منهجية لصنع نماذج للخلايا، قام جونسون بتطوير أداة تُسمَّى "سيلباك" cellPACK. ولاستخدام هذه الأداة، يَستخدِم الباحثون بيانات تجريبية، لإنشاء سلسلة من القواعد المادية ـ ما يشبه "الوصفة" ـ التي تحدد الكيفية التي تملأ بها المكونات الخلوية المحددة ـ مثل البروتينات، والدهون، والأحماض النووية (ما يمكن أن نطلق عليه "المقادير") ـ فضاء الخلية. ويرغب جونسون في إنشاء منصة، تسمح بتحديث تلك النماذج تلقائيًّا عند التوصل إلى بيانات جديدة. ورغم الاهتمام الشديد الذي أبداه الباحثون الآخرون بهذه الفكرة، يرى معظم علماء الحياة أن تلك الأداة تتطلب الكثير من الوقت والجهد؛ لتكون مفيدة من الناحية العملية. ويقول جونسون: "يتطلب الأمر شهورًا من البحث؛ للتوصل إلى "وصفة"، ابتداءً من نقطة الصفر". ويخطط جونسون لإطلاق نسخة أبسط وأكفأ من البرنامج على الإنترنت في وقت لاحق من هذا العام.

يؤكد جونسون أن الهدف من الأداة ليس فقط صنع نماذج مُبْهِرَة بصريًّا، بل يمكنها أيضًا مساعدة العلماء في التوصل إلى فرضيات قابلة للاختبار. وقد قام فريقه بتطوير نموذج للبِنْيَة الداخلية لفيروس نقص المناعة البشرية "HIV"، واستخدمه للتنبؤ بكيفية تفاعل البروتين الذي يشكل الغلاف الخارجي مع أحد البروتينات الداخلية. ويقول جونسون إنّ أحد علماء الفيروسات تَوَاصَل معه مؤخرًا، ليُخْبِره أن الاستنتاجات التي حصل عليها عن طريق أداة "سيلباك" تم اختبارها تجريبيًّا. ويضيف جونسون: "لديه كَمّ هائل من البيانات الجديدة، ويريد التعاون معنا؛ لبناء نماذج جديدة". ■

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

مهن علمية

حديث المهن كيف اختارت إليس كوفيل تحويل مسارها المهني ص. 63

أحداث نيتشر لمتابعة أهم الفاعليات العلمية، والندوات، والمؤتمرات، والورش: **arabicedition.nature.com/events**



وظائف نيتشر لأحدث قوائم الوظائف والنصائح المهنية تابع: **arabicedition.nature.com/jobs**

VICTOR LESHYK

FRANK MANNOLINI/NEW YORK STATE MUSEUM

لجأ الرسّام العلمي فيكتور ليشيك إلى «اسكتش» رسمه الباحثون (على اليمين) لابتكار تصوُّر لغابة جيلبوا الأحفورية، حيث احتل أحد أغلفة دورية *Nature* (على اليسار)

رسوم توضيحية علمية

الصورة المثالية

يمكن للباحثين ـ من خلال الاستعانة برسّام ـ منَحْ الأوراق البحثية ومشروعات الوصول الجماهيري قدرةً أكبر على التأثير.

جيوتي مادوسودانان

في لوحة زيتية من القماش، تبعَث إلى الحياة من جديد غابةٌ تبلغ من العمر 390 مليون سنة، ترى فيها جذوع الأشجار الضخمة في سهل متسع تغمره أشعة الشمس، بعيدًا عن أرض الغابة المكتظة بالأشجار. وترى فروع الأشجار القصيرة ـ بلونها الأخضر، وقوامها السميك ـ تتصارع مع الخيوط ذات الأهداب التي تشبه أوراق الأشجار في سعيها إلى معانقة السماء المُشربة باللون الزهري. ظَلَّ عالِم الحفريات النباتية كريس بيري لسنوات طويلة يَستخدِم عيِّنات حصل عليها من غابة جيلبوا الأحفورية في نيويورك، ولكنه لم يكن قد رأى من قبل مطلقًا تصوُّرًا محتمَلًا لشكل تلك الغابة عندما كانت لا تزال حية قبل آلاف السنين.

أبدع فيكتور ليشيك هذه اللوحة الزيتية الرقمية ـ التي أُطْلَق عليها اسم «عوالم مفقودة» ـ لتُرَافِق ورقة بحثية نُشرت في دورية *Nature* في عام 2012، من تأليف بيري وزملائه (W. E. Stein *et al. Nature* **483**, 78–81; 2012). وقد ظهرت الصورة على غلاف الدورية، كما ينوه بيري عنها في محاضراته حتى اليوم، وخاصةً أمام غير المتخصصين.

كانت تلك هي التجربة الأولى لبيري في التعاون مع رسّام علمي، وفَاقَ عمل ليشيك ـ في الحقيقة ـ جميع توقعاته. يقول بيري: «كان أمرًا باعثًا على الفخر بالنسبة لنا أنْ تتصدر الصورة غلاف الدورية. وقد أثبتت أنها مفيدة للغاية في لَفْت الانتباه، وتحقيق الانتشار». وقد تعاون بيري ـ الذي يعمل بجامعة كارديف بالمملكة المتحدة ـ مع الرسّامين مرتين منذ ذلك الحين في البيانات الصحفية والمَعارض التي تنظمها المتاحف، التي تتضمن أبحاثه. ويتباحث بيري مع ليشيك حاليًّا بشأن مشروع ثانٍ. يقول بيري: «إذا كانت لديك قصة تريد أن تنشرها، وتمكَّنْتَ من الحصول على صورة جيدة فعلًا، فإنها سوف تحلِّق إلى مسافات أبعد بكثير مما لو اقتصر الأمر على الكلمات فحسب».

وتشهد عملية استخدام الصور المبهرة لمرافقة المخطوطات وجهود التوعية نموًّا في الوقت الراهن، حيث بدأ عدد أكبر من ناشري الدوريات يطلبون أن تُرفق بالأبحاث ملخصات مصوَّرة، أي رسوم توضح هدف البحث، أو فكرته الرئيسة. وتختلف تلك الرسوم التي يطلبها الناشرون عن الصور الفوتوغرافية، أو «الاسكتشات»، أو الأشكال العامة المعتادة التي عادةً ما تصاحِب المخطوطات البحثية، أو المحاضرات؛ فهي تصل إلى صلب الفكرة، بل وربما تصوِّر أيضًا ظواهر غير قابلة للرصد، تتراوح ما بين الجسيمات دون الذرية، والتصورات المحتمَلة لما كانت تبدو عليه أشكال الحياة التي غَيَّبها الانقراض. ورغم أن التعاون مع الرسّامين في تنفيذ ◄

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

◀ مثل تلك الرسوم قد تبدو بمثابة جهد إضافي، كما أن دفع مقابل لخدمات هؤلاء الرسّامين ربما يُعَدّ ضربًا من الإسراف، إلا أنه يمكن أن تكون هناك فوائد عديدة ومتنوعة للعرض الفني المتقن.

ويمكن للرسوم التصويرية المبهرة بصريًّا ـ وليدة التعاون بين العلماء والرسامين ـ أن تستحوذ على ملايين المشاهَدات على شبكة الإنترنت، وأن تجذب جمهورًا أكبر بكثير من جمهور ورقة بحثية خالية من الصور والرسوم. وكلا الأمرين ـ لا شك ـ مفيد، وتحديدًا للباحثين الذين تَفرِض عليهم طلبات المِنَح، أو خطط التمويل الخاصة بهم، تضمين مكوِّن خاص بالوصول الجماهيري. وتلك النوعية من الصور تجذب ـ على الأرجح ـ عددًا أكبر من التعليقات والمشارَكات الرقمية، مما يساعد على تسليط مزيد من الضوء على عمل الباحث، وجذب مزيد من الطلاب إلى المختبر، وتعزيز الوضع الوظيفي للباحث، وتحسين فرصه للحصول على تمويل، بل إنها يمكن أن تصبح بمثابة إلهام لتجارب جديدة، أو أنْ تكشف عن فجوات معرفية.

وحتى عندما تكون الصور الفوتوغرافية أو العادية متاحة بالفعل، فإن الرسوم التوضيحية الرقمية، أو المرسومة باليد، والرسوم المتحركة ثلاثية الأبعاد، يمكنها توضيح وتعزيز التفاصيل التقنية لنقطة بيانية رئيسة، أو لنتيجة معينة. وعلى سبيل المثال.. قد توضِّح بدقة الرسوم كيفية تعلق البروتينات بسطح الحمض النووي DNA، أو شكل يرقات الفراشات التي تختفي عادةً بين أوراق الأشجار المتراكمة. وعلى العلماء الراغبين في دراسة سؤال البحث، أو نتائجه بصورة أفضل، أو «استعراض» البيانات الخاصة بهم، أو تدعيم مخطوطاتهم البحثية بالصور، أن يفكروا في التعاون مع أحد الرسّامين. كذلك بإمكان الرسّامين العلميين تقديم المساعدة فيما يتعلق بابتكار صور فنية لموقع إلكتروني خاص بمشروع معين، أو شرح المفاهيم العصية على الفهم من خلال أفلام قصيرة.

نقطة تعلُّم

تبدأ غالبية مشروعات التعاون تلك عندما يكون الباحثون بصدد كتابة ورقة بحثية، ولكنْ قد يكون من المفيد البدء في وقت أبكر (انظر: «حوِّل العلم إلى فن»). وعندما تناقش مع أحد الرسّامين أفضل الطرق والوسائل لوصف آليّة، أو عملية معينة (على سبيل المثال.. ما الذي ينبغي إدراجه، وما الواجب استبعاده، وكيف تعبِّر عن مواقع تمركز الجزيئات، أو النجوم، أو الحفريات بالنسبة إلى بعضها البعض)، فإن ذلك يساعد الباحثين على تطوير فرضياتهم، وكشف نقاط الاختلاف بين المؤلفين، بل وحتى التعرف على الفجوات الموجودة في فَهْم الأمور.

وَجَدَت عالمة الكيمياء لورين بنز ـ من جامعة سان دييجو في كاليفورنيا ـ أن التحدث إلى أحد الرسّامين ساعدها على اكتشاف مسائل مهمة، لم تكن قد وضعتها في الاعتبار عندما بدأت في صياغة مقالها الاستعراضي، الذي تناول تطبيقات الأنسجة المصنوعة من البوليمرات، وغيرها من المواد. وكانت بنز قد كَلَّفت الرسّامة الحرة ماري أورايلي ـ الحاصلة على درجة الدكتوراة في الكيمياء الحيوية من معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا في كمبريدج ـ بمساعدتها في توضيح طريقة عمل تلك الأنسجة على المستوى الجزيئي. وقد طرحت أورايلي استفسارًا عمّا إذا كان ينبغي رسم الجزيئات وهي تترشح عبر نقطة معينة في النسيج، أم لا. وقد أدركت بنز وزملاؤها أنهم لم يعرفوا بالضبط أين تحدث عملية الترشح تلك.

تقول بنز: «جعلني ذلك أتشكك في بعض الافتراضات التي كانت لديَّ بشأن آليّة الارتشاح، وساعدنا الأخذ والردّ مع ماري على الخروج ببعض الأسئلة البحثية، التي يمكن أن نثيرها ونحن نمضي قدمًا في إجراء البحث». وتقوم بنز في الوقت الراهن بالتخطيط لتجارب لمعالجة تلك الأسئلة.

ويمكن للرسوم التوضيحية العلمية أن تلخص المعلومات التي لا يمكن بسهولة ـ أو في العادة ـ نقلها عن طريق النص المكتوب، أو الرسوم الخطية، أو الأشكال البيانية البسيطة. ويمكن استخدامها أيضًا عندما يكون التصوير الحي ـ مثل التصوير الفوتوغرافي ـ غير عملي، أو غير ممكن. كانت عالمة الأحياء جيسيكا لينتون ـ التي تعمل لدى شركة الاستشارات الكندية «ناتشورال ريسورس سولوشنز» Natural Resource Solutions في واترلو ـ تُجْري أبحاثًا حول استراتيجية لاستعادة الفراشة المزركشة ذات الأجنحة الداكنة المهدَّدة بالانقراض (*Erynnis martialis*)، عندما أدركت أنه لم تكن هناك صور متاحة للبيض والشرانق ذوات الحجم المجهري، التي عادةً ما تُدفَن في التربة تحت أوراق الأشجار؛ وبالتالي يكون تصويرها في غاية الصعوبة.

«في بعض الأحيان، تحتاج إلى صورة؛ لسرد القصة بفاعلية».

لجأت لينتون ـ التي تحمل في جعبتها الكثير من الأوصاف العلمية ـ إلى الرسّامة إيميلي دامسترا، التي كانت قد التقت بها من خلال مجموعة محلية للمهتمين بالفراشات. وقد حظيت الرسوم التوضيحية التي قدَّمتها دامسترا ـ التي تستخدمها حاليًّا وثيقة السياسات الخاصة بحكومة ولاية أونتاريو في تلخيص استراتيجية الاستعادة ـ بتقدير بالغ من الباحثين وعلماء البيئة المهتمين بالفراشات.

وبالنسبة إلى مَن يعملون على مستوى الجزيئات، فغالبًا ما توفِّر الرسوم التوضيحية وأفلام الفيديو التصوُّر البصري الأوَّلي للمواد والمفاهيم التي ربما يكون الباحثون قد أمضوا سنوات عديدة في دراستها، وربما تصبح ملهِمة لهم. وجدت طالبة الدراسات العليا جانيت إيواسا نفسها وزملاءها في المختبر يتجهون غالبًا إلى الرسوم الخطية، أو يشيرون بأيديهم في الهواء لوصف حركة البروتين الذي يدرسونه، ويُدعى «كينيسين» kinesin، وهو بروتين يتخلل الأنسجة الهيكلية داخل الخلايا. تقول: «كانت المعلومات العلمية في الغالب مفقودة. وكانت المرة الأولى التي فهمتُ فيها بالفعل كيفية عمل الكينيسين عندما قام باحثي الرئيس باستئجار رسّام لتمثيلها». (وربما نتيجةً لما سَبَّبه لها ذلك من إحباط، تركت إيواسا مقعدها البحثي، بعد إتمامها أحد أبحاث ما بعد الدكتوراة. وهي تشغل حاليًّا وظيفة في مجال التصوير الجزيئي في جامعة يوتا في مدينة سولت ليك سيتي).

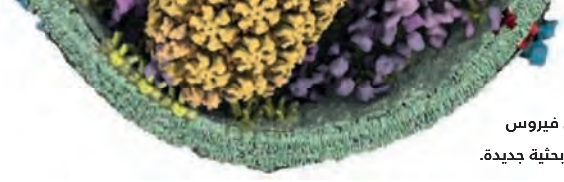
ويمكن لهذه الصور التوضيحية أن تقدِّم مناظير مدهشة، حسب قول كيت باترسون، المتخصصة في الإعلام العلمي المرئي بمعهد جارفان للأبحاث الطبية في سيدني بأستراليا: «في بعض الأحيان، تحتاج إلى صورة؛ لسرد القصة بفاعلية. ويمكن لتلك الصورة أن تولِّد العديد من الأسئلة، حينما يبدأ العلماء في التفكير بشأن ما يرونه من منظور مختلف». وعندما عرضت باترسون على بعض الباحثين فيلم الرسوم المتحركة، الذي صَوَّرَت فيه الكيفية التي يمكن من خلالها تعديل الحمض النووي DNA على المستوى الكيميائي؛ دار نِقَاش مثير حول تلك العملية. وبفضل فيلم الرسوم المتحركة ذاك، بدأت المجموعة تنظر في الترتيبات الفيزيائية للجزيئات داخل النواة، بدلًا من التركيز فقط على النواحي الكيميائية، أو الإنزيمات ذات الصلة.

ويمكن من خلال التعاون مع الرسّامين مساعدة العلماء على صقل مهاراتهم في عرض البيانات، وتقديمها على هيئة صور. يقول مات تومسون ـ المتخصص في علم الأحياء الخلوي بجامعة كاليفورنيا في سان فرانسيسكو ـ إن تعاونه مع الرسّامة العلمية جيسيكا هوبي في دراسته للخلايا الجنينية عَلَّمه كيف يختصر التفاصيل الأقل صلةً بموضوعه؛ لإحداث تأثير أكبر، كما عَلَّمَه أن اللون والتصميم يمكنهما ـ في أغلب الأحيان ـ أن ينقلا المعلومات بفاعلية أكبر من المواد النصية.

أظهرت الورقة البحثية أنه يمكن التحكم في الجينات داخل الخلايا الجنينية النامية بواسطة الضوء (C. Sokolik *et al*. *Cell Syst*. **1**, 100–101; 2015) وقد ساعدت رسوم هوبي التوضيحية تومسون على أنْ يدرك أن هناك أساليب كثيرة لنقل المعلومات بصريًّا؛ فرؤيته لكيفية استخدام هوبي للمؤثرات ـ مثل الألوان، والأشكال، والأحجام النسبية ـ ساعدته ـ حسب قوله ـ على تمثيل البيانات بشكل فعّال في أبحاثه التالية. ويضيف تومسون: «العمل مع رسّام يمنحك الفرصة لتعلُّم كيفية التعامل مع هذا النوع من التفكير البصري، وكيف تضيف البعد الزمني إلى لوحة مرسومة، وكيف تعبِّر عن كلٍّ مِن السبب، والأثر».

مدخل تصوُّري

يقول كثيرٌ من الباحثين الذين تعاونوا مع رسّامين إنهم يتوقعون أن يكرروا التجربة مرة أخرى، ولكنهم يشيرون إلى أن الوقت المطلوب لإنتاج عمل فني جيد يمكن أن يضيف أسابيع إلى الوقت المستغرَق في إعداد ورقة بحثية، كما أن تكلفة استئجار رسّام محترف تتراوح بين بضع مئات، وآلاف الدولارات. وهذا النوع مِن بَذل الوقت والمال ليس قابلًا للتبرير دائمًا. تقول بنز إن الرسوم التوضيحية مفيدة لتصوير الأفكار، أو المفاهيم العامة، ولكن البيانات والمعلومات البسيطة يمكن توضيحها في أغلب الأحيان في جداول ورسوم بيانية. ويحذِّر تومسون من الحصول على مساعدة رسّام محترف، كي تبدو الورقة البحثية أكثر جاذبية من الناحية الشكلية فقط. وبإمكان العلماء الراغبين في توفير المال وإطلاق أعمالهم الفنية وأشكالهم الخاصة، استخدام برنامج «مايكروسوفت إكسل» Microsoft Excel، وكذلك برمجيات التصوير الجزيئي، وأدوات أخرى، مثل «أدوبي فوتوشوب»، و«إليستريتور»، لكنّ العلماء والباحثين الذين يعوزهم ذلك التدريب الفني ربما يجدون أنفسهم في حاجة إلى استثمار بعض الوقت في تعلُّم كيفية استخدام تلك البرامج.



JANET IWASA

يمكن أن توجِّه رسوم تخيُّلية جزيئية لتراكيب ما ـ مثل فيروس نقص المناعة البشرية ـ انتباه الباحثين إلى أساليب بحثية جديدة.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

ومع ذلك.. فيجب على هؤلاء الباحثين أن يفكروا فيما هو أكثر من المال، عند تفضيلهم لذلك الخيار؛ فالاستعانة بأحد الرسّامين أنقذ اثنين من طلاب الدراسات العليا ـ الذين شاركوا بنز في تأليف الورقة البحثية ـ من إهدار الكثير من الوقت. تقول بنز: «لقد ساعدهم بشدة عدم اضطرارهم إلى إنفاق ساعات طويلة في تعلُّم كيفية رسم شكل معين، وكان لذلك تأثير مباشر على عملنا».

ورغم أن البرمجيات المناسِبة يمكنها مساعدة الباحث على إنتاج أشكال بسيطة، وتصوير جزيئات دقيقة، إلا أن ذلك لن يؤدي دائمًا إلى إنتاج رسوم متحركة أو توضيحية احترافية. فالباحثون الذين ليسوا بفنانين يفتقرون إلى ذلك الحِسّ المتعلق بالتصميم، والنواحي الجمالية التي تُعَدّ من الأعمدة الأساسية للأعمال الفنية المبهرة. يقول أورايلي: «تكمن قوة الرسّامين في معرفتهم بنظرية الألوان، واستخدام التكوينات؛ لتوجيه عين المشاهد نحو صفحة ما، أو صورة معينة بترتيب سليم، أو جذب عين ذلك المشاهد إلى محور الاهتمام الرئيس».

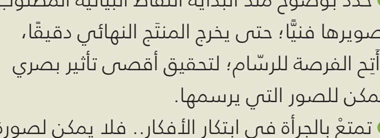
عندما قام بيري بنشر ورقة بحثية عن تلك الغابة الأحفورية المختلفة، طلب منه المكتب الإعلامي للمؤسسة صورًا. وحيث إنه لم يكن ثمة رسام متاح وقتها، قام بيري برسم اسكتش للأشجار بيده، وأرسله ـ وهو مجرد خطوط ـ إلى زميل له، ساعده في تلوينه. وتُستخدَم الصورة الآن على نطاق واسع على المواقع الإلكترونية، وفي الموضوعات الإخبارية، وفي العروض التقديمية الخاصة بالأبحاث، حسب ما يقول بيري. ورغم أن الرسم الذي أنجزه بيري كان أبسط بكثير من ذلك الذي قام به ليشيك، إلا أنّ تلك العملية استغرقت منه ما يقرب من أسبوعين. يقول بيري: «كان الأمر ممتعا بشدة، ولكنني لست متأكدًا مِن أنني أستطيع أن أفعلها مرة ثانية. كانت تلك المرة هي الأولى التي أحاول فيها رسم غابة بأكملها بمستوى جيد بما يكفي لحَثّ الآخرين على النظر إليها». وقد أكدتْ التجربة لبيري أنّ بذل الجهد ـ وكذلك الموهبة ـ من المتطلبات الأساسية للرسم. ومنذ ذلك الحين، يفضِّل بيري أن يطلب المساعدة من رسّام محترف، عندما يكون بحاجة إلى رسوم فنية.

ومع ذلك.. فمِن الصعب على كثيرين تقدير قيمة الرسوم الفنية العلمية الاحترافية، أو شرحها. فقد تناوَل عددٌ قليل من الدراسات ـ إنْ وُجدت ـ تأثير تلك الرسوم على المخطوطات، والعروض التقديمية، وطلبات المنح، ولكنّ كثيرًا من الباحثين يؤكدون على أن المخطوطات المصوَّرة تحظى بنتائج أفضل. تقول باترسون: «من المثير أن الناس يقولون إنك تحصل على عدد أكبر من الاستشهادات، أو أن المراجعين يُسَرُّون بالورقة البحثية، إذا كانت لديك أشكال توضيحية جيدة بها، كما أنك إذا استخدمتَ صورة للغلاف؛ فستجذب مزيدًا من الاهتمام، ولكنْ لا تتوفر بيانات وإحصائيات فعلية بهذا الشأن».

ومع ذلك.. يتفق الباحثون مع الرأي القائل إنه سواء استخدَمَ الباحثُ رسمًا بيانيًّا بسيطًا، أم رسومًا متحركة ثلاثية الأبعاد، فإنّ أهمية التوصيل البصري للعلوم تتزايد باطِّراد. ويعتقد بعض الباحثين أن الأشكال التي يتم تصميمها بشكل احترافي يمكنها أن تيسِّر الطريق للمخطوطة البحثية أثناء مرحلة مراجعة الأقران. وعلى الرغم من صعوبة التحقق من ذلك، فإنّ عالمة الوراثة ديبورا كوراش ـ من جامعة كالجاري في كندا ـ تقول إنها اختارت التعاون مع الرسّامين عدة مرات، قبل تقديمها لأوراقها البحثية. وتضيف قائلةً إنها عندما تقوم بدور المراجِعة، فإنّ الأشكال المرسومة ببراعة تسهِّل عليها قراءة البيانات وفَهْمها.

يقول بيري: «إن تمثيل البيانات بشكل فني يتطلب مهارة. وإذا توفرت لديَّ الإمكانيات؛ فإنني سأستعين دائمًا بالرسّامين». ■

جيوتي مادوسودانان كاتبة حرة، تعيش في سان خوسيه بولاية كاليفورنيا.



انطلِق!

حَوِّل العلم إلى فن

AVI SCHWAB

فيما يلي بعض النصائح والإرشادات التي تهدف إلى تحقيق أقصى استفادة من تجربة ابتكار أشكال فنية علمية:

- أقِم علاقة عمل مع أحد الرسّامين، قبل أن تحتاجه بفترة طويلة، عندما تبدأ مثلًا في كتابة مقال استعراضي، أو عندما تكون بصدد العمل في مشروعات ذات وصول جماهيري، لصالح المدارس، أو المتاحف.
- فَتِّش عن رسّامين من أصحاب الخبرة في المجالات ذات الصلة ببحثك، وابحث في ملفّاتهم عن الأساليب الفنية التي تعجبك. في المعتاد، يعثر العلماءُ على الرسّامين من خلال توصيات زملائهم، أو عن طريق عمليات البحث عن رسّامين على شبكة الإنترنت في نطاقهم الجغرافي، أو في مجال دراستهم. وتحتفظ نقابة رسّامي العلوم الطبيعية في واشنطن العاصمة بقائمة من جهات الاتصال، كما يشارك كثيرٌ من الرسّامين بأعمالهم على موقع التواصل الاجتماعي «تويتر»، تحت الوسم #sciart.
- حَدِّدْ بوضوح منذ البداية النقاط البيانية المطلوب تصويرها فنيًّا؛ حتى يخرج المنتَج النهائي دقيقًا، وأتِح الفرصة للرسّام؛ لتحقيق أقصى تأثير بصري ممكن للصور التي يرسمها.
- تمتعْ بالجرأة في ابتكار الأفكار.. فلا يمكن لصورة مفردة أن تقدّم وصفًا واضحًا لنظرية علمية. ولذا.. فلا بأس في أن يشوب الصورة بعض الغموض بشأن أمور مجهولة، أو فرضيّات مبهمة، طالما أن ذلك في حدود المقبول.
- ابحثْ عن رسّامين يطرحون الأسئلة. وينبغي أن تسعى للعثور على رسّام يتحمس لعملك، ويتفاعل معه. **جيوتي مادوسودانان**

تصحيح

وَرَدَ في موضوع «أجواء حافلة بالتغيرات» ـ المنشور في قسم «مهن علمية» في عدد يونيو الماضي (*Nature* **532**, 403–404; 2016) ـ خطأ في الاسم العلمي للفراشة النطّاطة المرقَّطة باللون الفضي المبينة في الصورة الرئيسة المصاحبة للموضوع، والصحيح أنه *Epargyreus clarus*، وليس *Hesperia comma*.

حديث المهن

«عُمدة» الكلية



تساعِد إليس كوفيك ـ مِن خلال عملها ـ في تصميم البرامج الأكاديمية في كلية جامعة شيكاجو بولاية إلينوي. وتشرح لنا هنا طبيعة عملها، وكيف اكتسبت الخبرة التي أَهَّلَتْها لتسلك هذا المسار المهني، بينما كانت تدرس الدكتوراة في علم الأعصاب الحاسوبي.

ما الدور الذي تقومين به بوصفك نائبة لعميد الكلية؟

عندما تم اختياري لهذا المنصب، قيل لي إنني سوف أكون «عمدة» لبلدة صغيرة مجنونة، وإنني لن أعرف من أين ستأتي الضربة القادمة. ومِن خلال عملي، أَتَّخِذُ قرارات حول مكافآت الطلاب وهيئة التدريس، وتطوير المناهج، وأموال التطوير، والإجراءات التأديبية. ولدينا مبادرات تُعِين أعضاء هيئة التدريس ليساعدوا الطلاب في تحصيل أكبر قَدْر من الخبرات النوعية. أشعرُ بأنني محظوظة للغاية.

متى بدأتِ تفكرين في هذا النوع من العمل؟

بحلول العام الثاني من برنامج الدكتوراة الخاص بي، بدأتُ أفكر في أنني لا أريد مسارًا مهنيًّا قائمًا على البحوث، لكنني لم أُرِدْ أن أخبر مشرفي الرئيس بذلك. وكنتُ ذات يوم في جلسة عرض للأبحاث، وكان المشرف الرئيس فخورًا بي، وأخبرني أنّ من الواجب عَلَيَّ أنْ أتواصل مع فلان وفلان بخصوص مرحلة ما بعد الدكتوراة. عندها، قلتُ له: «إننا بحاجة إلى أنْ نتحدث معًا؛ فأنا لا أريد مختبرًا خاصًّا بي»، فردّ قائلًا: «لا أدري إذا كان بإمكاني أن أُشْرِف عليكِ في ذلك، أم لا، ولكنْ دعيني أعرِّفكِ إلى بعض أصدقائي». وأحالني إلى نائبة مدير «المؤسسة الوطنية الأمريكية للعلوم»، التي دعتني بدورها للتواصل معها عبر الهاتف والبريد الإلكتروني؛ للتوصل إلى خطة ملائمة.

وما الذي حدث بعد ذلك؟

أجريتُ حوارًا صادقًا مع نفسي، مُتسائِلَةً: ما الذي أُحِبّ أن أفعله؟ إنني أحب العلوم، وأحب تنظيم الأشياء، وأحب أن أرأس الأفراد المحيطين بي، ولذا.. كان من الواضح أنَّ بإمكاني الاشتغال بالإدارة. سألني مشرفي الرئيس: «لماذا لا تشاركيني في إدارة هذا البرنامج البحثي الخاص بطلاب الجامعة؟» وعَلَّمَني كيفية إدارة ميزانيات المِنَح والمختبرات، والتعامل مع الوكالات الحكومية، ومعالجة مسائل الامتثال التنظيمي مع الجامعة. وهكذا، حصلتُ على تدريب متعمِّق. ويستطيع أشخاص آخرون تحصيل خبرات مماثلة، إذا كانوا صرحاء مع أنفسهم. ■

أجرت المقابلة مونيا بيكر

تم تحرير هذه المقابلة بغرض الاختصار والتوضيح.

وللمزيد.. انظر: go.nature.com/1t0e2a4.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

للنهاية ستة أسماء

حانت لحظة الوداع.

كين هينكلي

رمق أخير

يُدَوِّي صوت رنين الدولار الفضي أثناء سقوطه في صندوق العملات المعدنية؛ ليُحْدِث بعد ذلك طنينًا مكتومًا عند ارتداده.

حينئذ، تتساءل ابنتي كليماتيسا، من على ظهر حصانها البالي، المصنوع من البلاستيك المطلي يدويًّا: «ما المشكلة يا أبي؟».

أجيبها باستخدام اسمها المصغَّر الذي لا تقبله إلا مِنِّي: «لا شيء يا تيسا. لا تشغلي بالك».

كانت تَجِيش مِنِّي عاطفة فياضة، عندما أطلقتُ عليها هذا الاسم، تَيَمُّنًا باسم نبات الكَرْم المنقرض، الذي كان ذات يوم يعرش الحدائق في جميع أنحاء العالم. والآن، تقطب تيسا ما بين حاجبيها بدرجة تفوق شريط التُّل الوردي الذي صنعتْه أمها ـ بطبيعة الحال ـ ليزين فستانها.

تسألني مرة ثانية: «إذَن، لماذا لا تذهب الأحصنة؟»

تفوح من المركز التجاري المهجور روائح الهواء العطن، المشبع بالغبار، المتفاعل على مدار سنوات طويلة مع لهيب موقد مصنوع من كُوّات متصدعة، تحيل السماء إلى أشلاء حلم. وتتناثر علب الحساء المثقوبة، وأغلفة اللحم المقدد المهترئة في جميع جنبات ساحة لعبة الأحصنة الدوّارة، لكنني ـ رغم ذلك ـ اعتقدتُ أن جولة أخرى وأخيرة أمنحها لتيسا على حصانها المفضل ستجعلها تذكرني دائمًا.

هذا.. ولكن الأحصنة كان لها رأي آخر.

أحاول تبرير ذلك لتيسا، فأقول وأنا أشمِّر أكمام قميص العمل الذي أرتديه: «إنها فقط تعاني من إرهاق شديد يا حبيبتي، وتحتاج إلى قسط من الراحة؛ لكي تستعد هي الأخرى لرحلتها الطويلة».

تمطّ تيسا شفتها السفلى، وتغرورق عيناها بالدموع.

أبادرها بغمزة من عيني، قائلًا: «انتظري لحظة». أثبت الحزام الجلدي حول وسطها، وأمسك أحد الأعمدة النحاسية الملطخة، وأدفعه بقوة. لم تعزف الموسيقى، وتبدو المصابيح المثبتة بالمرايا كأنها عيون موتى عديدين تحدِّق فِيَّ، لكن جهودي ـ على الأقل ـ تسفر عن انطلاق الأحصنة، التي تتهادى إلى أعلى وإلى أسفل.

أركض.. حتى أتصبب عرقًا، ويصير قميصي أشبه بخرقة مبللة، وتخور قوايَ، وألهث بشدة.

وبينما أرفع تيسا من على الحصان، يتفتَّت قلبي تحت وطأة نظراتها وهي تقول لي: «شكرًا بابا.. لكن رائحتك لا تُطاق!»

سكون الحياة

قرأتُ القصة الأخيرة على مَلَاكي الصغير، وها هي تغط في نوم عميق. يواصل صدرها الارتفاع والهبوط مع حركة أنفاسها، وهي ممددة فوق الفراش. أسحب البطانية الصوف ـ المزينة بقلوب وردية وأرجوانية ـ على جسدها الصغير.

هذا هو آخِر ما يمكنني فعله من أجلها.

الهدوء يخيِّم على أرجاء المنزل، ربما أكثر من اللازم؛ فلا أزيز يصدر عن الثلاجة، ولا طنين عن جهاز التدفئة. أجلس إلى جوار تيسا على سجادة عفنة الرائحة.

ستكون الليلة طويلة.. طويلة للغاية.

محطة أخيرة

انتهى زواجنا على نحو سيئ؛ هذا الاتحاد المشوَّه بين باربارا وويلبور، الذي يشبه أشياء أخرى كثيرة في هذا العالم، لدرجة أن أسماءنا معًا كانت تبدو نشازًا أيضًا. كان يجب أن يمثِّل ذلك نذيرًا لنا، لكنني ـ على الأقل ـ ربحت حضانة جزئية لطفلتي، حتى حين.

يبدو الجميع منهمكين في الاستعداد لمغادرة المكان، لدرجة أنهم نسوا أصولهم، والأماكن التي جاءوا منها. لم يعد ثمة ما يشغلهم، أو يكدر صفو قضاء أوقاتهم، وهم ينعمون بمثل هذا الجو الروحاني.

دخلت نقاط لاجرانج في حالة هياج شديد، بينما ألسنة اللهب المتوهجة الصادرة عن السفن الفضائية المغادِرة تحوِّل السماء ـ ليلة بعد ليلة ـ إلى قطعة من الجحيم.

أُخْبِر تيسا أن هذا الضوء يمثل بزوغ فجر أمل جديد، على الرغم من أني لا أصدق ذلك، لأنّ هناك مَن يجب عليه أن يمكث. وهناك دائمًا مَن يفعل ذلك.

أمر مقضيّ

يقولون إننا لن نستطيع أن نعيش هنا طويلًا، وإنّ كل شيء سيفنَى عاجلًا. سينتهي العالم. قُضي الأمر. انتهى.

حسنًا.. فلتَصِفُوني بالمتشكِّك، أو حتى بالمعاند، لكنني عازم على القتال حتى النهاية.

لكن.. ما الذي يربطني بهذه القطعة من الصخر؟ ما الذي يجعلني أتمسك بالبقاء هنا حقًّا؟

لقد مات أبي في هذا المكان، ومات أبوه قبله. أستطيع أن أتذوق طعم الملح الذي يملأ الهواء؛ نتيجة تبخُّر المحيطات.

أتصور أن كل ما تبقَّى مفعم بالدموع.. دموع كل رجل، وامرأة، وطفل عاش هنا من قبل. لا يمكنني أن أترك هذه الدموع تجف، أو أن تذهب سُدى.

ستفيض المحيطات من جديد.

وداع نهائي

لم أخبر تيسا بأن هذه هي الزيارة الأخيرة. لم أقل لها إنها النهاية. ولم ألقِ عليها حتى كلمة الوداع.

أتركها مع المربية في المحطة، وأُقَبِّل وَجْنَتَيها، وأتظاهر بأنني أرسلها إلى أمها ككل مرة. لم تكن هذه القوة التي أتظاهر بها، وتلك القشرة التي أرتديها إلا غطاء يخفي وراءه رجلًا ضعيفًا.

سلامٌ عليَّ.

ILLUSTRATION BY JACEY

صعود إلى السماء

تهبط أُمّ تيسا من السماء. يصدر عن المركَبة ضجيج شديد بمجرد أن تلامس سطح الأرض؛ فتمور من تحتها، وتثير غبارًا كثيفًا في رحلة بحث عبثية عن السماء. ينسدل السلم من المركَبة، وينزل درجاته مضيف يرتدي بزة رسمية، ويقود صفًّا من الأطفال، يحملون دُمًى فخمة، وقد أحاطت وجوههم وأجسادهم بطانيات تحميها.

ألمح تيسا وهي تسير حائرة بالقرب من قمة المركَبة، تبحث عني وسط هذا الحشد الهزيل، لكنني بعيد عنها للغاية، بما يحول دون أن تلمح إشارتي الخافتة، والخاطفة.

لقد رحلت تيسا.

تنهار عزيمتي، وتخور قوايَ، لكنني فجأة أعبر متثاقلًا المدرج المصنوع من الألومنيوم، وأركض عبر مهبط المركَبات، لكنني لم أكن أركض نحوها، وإنما أحاول الابتعاد عن المركبة بأقصى ما تستطيعه ركبتاي المرتعشتان.

لقد اتخذتُ قراري. سأصنع شيئًا ما من هذه الأرض المحطمة؛ لأنها المكان الذي أنتمي إليه، لكنّ هذا لا يعني أنني قادر على احتمال رؤية تيسا وهي ترحل.

أعلمُ أنها ستجد لنفسها بيتًا جديدًا هناك، على سطح النجوم، عندما يكون قد مَرَّ على موتي زمن طويل. إنها رحلة طويلة، تُقاس بسرعة الضوء، أو نحو ذلك، ومصير ابنتي الوحيدة أن تعيش مليون سنة.

يروق لي أن أعتقد أنها عندما تصل إلى هناك ستتذكر ذلك الجوَاد قليل الحيلة، الذي كانت تناديه يومًا «بابا»، وأنها ستعاود النظر من جديد إلى أرض تُولد من جديد.

وحتى الآن، لا أستطيع أن أمضي بعيدًا بالدرجة الكافية... فبينما أركض، تتجاوز سرعة المركبة ماخ-1، وهي موجة الضغط التي تنفطر عندها السماء.

ولانفطار السماء صوت يشبه صوت انفطار قلبي الآن. ■

كين هينكلي كاتب، وباحث رئيس بمركز بحوث ميكروسوفت، ورئيس تحرير دورية «ترانزاكشنز أون كمبيوتر-هيومان إنتر آكشن» TOCHI، التي تهتم بمستقبل أجهزة الاستشعار، وسهولة الحركة، والتفاعلات متعددة الأشكال.

للمتابعة: kenhinckley.wordpress.com

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية